



نشوء الاكاديمية العالمية الخفية

الشبكة الجديدة بين الباحثين والعلم



كارولين س. فاغنر

مع مقدمة بقلم فرانسيس فوكوياما

نشوء
الاكاديمية العالمية الخفية

The New Invisible College

نشوء
الاكاديمية العالمية الخفية

The New Invisible College

الشبكة الجديدة بين الباحثين والعلماء

تأليف

كارولين س. فاغنر

Caroline S. Wagner

ترجمة

أحمد حيدر





بسم الله الرحمن الرحيم

يتضمن هذا الكتاب ترجمة الأصل الإنكليزي
The New Invisible College
حقوق الترجمة العربية مرخّص بها قانونياً من الناشر
Brookings
بمقتضى الاتفاق الخطي الموقّع بينه وبين الدار العربية للعلوم ناشرون، ش.م.ل.

الطبعة الأولى
1431 هـ - 2010 م

ردمك 978-9953-87-932-1



مركز البابطين للترجمة

الكويت، الصالحية، شارع صلاح الدين، عمارة البابطين رقم 3
ص.ب: 599 الصفاة رمز 13006، هـ 22412730 (00965)
البريد الإلكتروني: tr2@albabtainprize.org

الدار العربية للعلوم ناشرون
Arab Scientific Publishers, Inc.

عين التينة، شارع المفتي توفيق خالد، بناية الريم
هاتف: 786233 - 785108 - 785107 (1-961+)
ص.ب: 13-5574 شوران - بيروت 1102-2050 - لبنان
فاكس: 786230 (1-961+) - البريد الإلكتروني: bachar@asp.com.lb
الموقع على شبكة الإنترنت: http://www.asp.com.lb

التنضيد وفرز الألوان: **أبجد غرافيكس**، بيروت - هاتف 785107 (9611+)

الطباعة: **مطابع الدار العربية للعلوم**، بيروت - هاتف 786233 (9611+)

مركز البابطين للترجمة

"مركـــز البابطين للترجمة" مشروع ثقافي عربـــي مقرّه دولة الكويت، يهتم بالترجمة من اللغات الأجنبية إلى العربية وبالعكس، ويرعاه ويموّله الشاعر عبد العزيز سعود البابطين في سياق اهتماماته الثقافية وضمن مشروعاته المتعدّدة العاملة في هذا المجال.

ويقدّم المركز هذا الإصدار بالتعاون مع "الدار العربية للعلوم ناشرون" في إطار سلسلة الكتب الدورية المترجمة إلى العربية ومساهمةً منه في رفد الثقافة العربية بما هو جديـــد ومفـــيد، وإيماناً بأهمية الترجمة في التنمية المعرفية وتعزيز التفاعل بين الأمم والحضارات.

وإذ يحـــرص "مركـــز البابطين للترجمة" على اختيار هذه الكتب وفق معايير موضـــوعية تحقّق الغايات النبيلة التي أُنشئ لأجلها، وتراعي الدقّة والإضافة العلمية الحقيقية، فمن نافل القول إن أي آراء أو فرضيات واردة في هذه الكتب وتم نقلها التزاماً بمبدأ الأمانة في النقل، فإنما تعبّر حصراً عن وجهة نظر كاتبها ولا تلزم المركز والقائمين عليه، بأي موقف في أي حال من الأحوال. والله الموفّق.

المحتويات

تمهيد 9

شكر وتنويه 15

الفصل الأول: ظهور الأكاديمية العالمية الخفية 19

القسم الأول

إعادة النظر في العلوم والتكنولوجيا كشبكة معرفية 35

الفصل الثاني: طوبولوجية العلم في القرن الحادي والعشرين 37

الفصل الثالث: العلم التشبيكي (Networked Science) 59

القسم الثاني

متاهة العالم: فهم ديناميات الشبكات 79

الفصل الرابع: التحولات التكتونية: ظهور الشبكات العالمية 81

الفصل الخامس: الجغرافية الافتراضية للمعرفة 103

الفصل السادس: البنية التحتية والقدرات العلمية 123

القسم الثالث

الاستفادة من الشبكات لتوسيع نطاق منافع العلوم والتكنولوجيا 145

الفصل السابع: إدارة الأكاديمية العالمية الخفية 147

الملحق أ: قياس قدرات العلوم والتكنولوجيا على المستوى الوطني 171

الملحق ب: لائحة بمن جرت معهم المقابلات 185

الملاحظات 187



تمهيد

علـــى مـــدى العقد الماضي أو نحو ذلك، بالغ العديد من المتوقعين في مسألة مـــوت الدولة القومية مبالغة كبيرة، ولا سيما في أوج ازدهار تكنولوجيا المعلومات في أواخر التسعينيات عندما كانت العولمة تنتشر بسرعةً. فقيل إن رأس المال يتحرك علـــى نحـــو غير مسبوق، ومثله العمالة والمعلومات على وجه الخصوص، مدفوعاً بتكنولوجيات حديثة مثل الإنترنت. وكان يُظن أن الجهود المبذولة من قبل الدول القومـــية للسيطرة على ما يتدفق عبر حدودها تتراجع بسرعة لا تصدق وأنه كان محكـــوماً علـــيها بالفشل. وتوقع النقاد أن يحل مكانَ الحكم التقليدي عبر القنوات العمـــودية مـــن النظم السياسية الديمقراطية عالمٌ منبسطٌ مؤلف من كيانات ذاتية الحكـــم مـــنظمة أفقـــياً تلغي الحاجة إلى الإكراه والتحكم المركزي من القمة إلى القاعدة من النوع الذي ننسبه إلى الحكومات الوطنية.

ثم اتـــضح أن الدولة القومية كانت أكثر قدرة على البقاء مما حسب الناس. صحيح أن التكنولوجيا سهلت كثيراً تدفق مختلف الأشياء الملموسة وغير الملموسة عـــبر الحدود الدولية، لكن الدول القومية تستطيع تقديم خدمات محددة فريدة من نوعها. فقد استطاعت وحدها أن تسيطر على "احتكار القوة الشرعية"، إذ كانت قـــادرة على إنفاذ القوانين على منطقة معينة، وكانت لديها وحدها الموارد اللازمة لتأمين ما يسميه علماء الاقتصاد بالسلع، السلع التي لا تنتجها الأسواق الخاصة لأنه لا يمكـــن أن يكون استخدامها مقتصراً على جزء من الشعب. فضلاً عن ذلك، لم يكـــن العـــالم "منبـــسطاً"– فالبلد الذي تعيش تحت سلطته مرتبط أشد الارتباط بمجموعة من النتائج المتصلة بالحياة، مثل الدخل والصحة وفرص التعليم والتوظيف

وغيرها من المعايير المهمة. وكان هناك أيضاً خطر الشرور العامة، إلى جانب السلع العامـــة، مثل الأوبئة العالمية والإرهاب والصراعات السياسية على الموارد التي تجاوز تأثيرها كثيراً حدود البلدان التي كانت طرفاً مباشراً فيها. وكان لا بد من استمرار الدول القومية للتعامل معها. وأخيراً، ما كان ممكناً أن يتدفق كل شيء عبر الحدود مـــن غير عائق: تابعت البلدان فرض الرسوم الجمركية وتقديم الدعم المالي للأبطال الوطنيين وتقييد تدفق المهاجرين، بل والتحكم في الوصول إلى المعلومات والأفكار، وإن كـــان الإجـــراء الأخير أكثر صعوبة قطعاً. وكانت النظرية السائدة آنذاك أن قـــوى العولمة سوف تعاقب من ينتهك قوانينها، وبذلك يصبح النظام ذاتي الإنفاذ، لكن هذا الظن لم يأخذ في حسبانه الاتجاهات السياسية الموازنة لما سبق التي أنتجتها العولمة نفسها.

لكن التدفقات الدولية تعدّ تحدياً حقيقياً أمام الدولة القومية في بعض المجالات، كمـــا تـــبين كارولين فاغنر في كتابها: *نشوء الأكاديمية العالمية الخفية*، ومنها تطور العلوم الطبيعية الحديثة. فهناك جزء كبير من الأبحاث التي تجرى في العلوم الأساسية يتسم بخاصية السلعة العامة: ومن الصعب استبعاد الناس من الاستفادة منها، والأهم مـــن ذلك هو أنها لا يمكن أن تتطور إلا في جو من التبادل الحر المفتوح. ويوضح كتاب *نشوء الأكاديمية العالمية الخفية* بأسلوبه الدراماتيكي الدرجة التي بلغها تدويل الـــتعاون الـــدولي. ورغم أن البلدان الغنية ما زالت المصدر الأكبر لتمويل الأبحاث العلمية، فإننا لا يمكن أن نفهم طبيعة هذه الأبحاث إلا كنتاج ثانوي لعملية التعاون الاجتماعـــي الأفقـــية التي تعدّ فيها الجدارة والنتائج الورقة الرابحة فوق أي اعتبار للأصل الوطني أو الجهة المختصة.

وهـــذا هـــو الـــسبب في أن نظرية النظم التكيفية المعقدة وتحليل الشبكات أصبحت أمراً حاسماً لفهم تطور العلوم. فالعلوم الحديثة هي عملية اجتماعية مكثفة، ولا يمكن تخطيطها بطريقة هرمية من قبل الحكومات الوطنية، مثل النظم الاجتماعية الأخرى. تبين فاغنر بوضوح، أن السمة الناشئة في الكليات الخفية هي أن الباحثين يـــنجذبون واحدهم إلى الآخر على أساس ما يقدمونه بعضهم لبعض من تكامل في علمـــه. كمـــا أن الـــنظم ذاتـــية التنظيم تولد التعقيد على نحو غير مخطط له عبر الـــتفاعلات بـــين كل من الأطراف الفاعلة، والنتيجة النهائية لذلك، كما في حالة

الـــنظام البيئـــي، أكبر بكثير من مجموع أجزائها. ويلاحظ أن التوزيعات لن تتخذ مـــسار التوزيع الطبيعي؛ بل ستكون ذات مقياس حر وستتبع قواعد قانون القوة. ومن الصعب جداً التوقع مسبقاً بالمكان الذي ستظهر فيه عقد للاكتشافات العلمية أو بالـــشكل الـــذي ســـيتخذه تواصل مختلف الباحثين. نشير إلى أن مصطلحات *الروابط الضعيفة والعوالم الصغيرة والعقد* هي المصطلحات الأكثر فائدة لفهم طريقة تطور الاكتشاف العلمي.

تشير فاغنر مستفيدة من هذه النقاط إلى المشكلة الآتية في السياسات المركزية العامـــة: إن تطور العلوم الحديثة عملية اجتماعية ناشئة من غير شك، وهي تتميز بأنها دولية في مجالها ولا يمكن للحكومات أن تسيطر عليها سيطرة فاعلة. ومع ذلك يُطلـــب مـــن دافعي الضرائب في دول قومية مختلفة تمويل هذه العملية. وما زالت الحكـــومات تنظـــر إلى الأبحاث والإنجازات العلمية من منظور وطني، مثل العلوم الفرنـــسية أو اليابانـــية أو الأمريكية المصممة كلٌّ لمصلحة بلده. والواقع أن الجزء الأكـــبر من الدافع إلى تمويل المساعي العلمية نتج مباشرة من الحاجة المتصورة إلى تعزيز العلوم بصفتها واحدة من المدخلات المستخدمة للدفاع الوطني.

ولكـــن على الرغم من أن العلاقة بين التطور العلمي والرفاه الوطني ما زالت قائمـــة بوضـــوح، إلا أن العلوم تحقق درجة أفضل من الازدهار في عالم خالٍ من الحدود الوطنية، حيث لا تكون المعرفة ملكاً لأحد بل تتدفق إلى من يستطيع توسيع حدودها إلى أقصى ما يمكن. صحيح أن الوصول إلى عالم العلوم الحديثة التشبيكي يعود بالنفع الأكيد على المجتمعات الفقيرة والبلدان النامية، إلا أنها غالباً لا تستطيع الاســـتفادة من المصادر العلمية الموجودة بسبب نقص التمويل وضعف رأس المال البشري. فكيف السبيل إلى التوفيق بين هذه المتطلبات المتناقضة؟

يشير الكتاب إلى أن الخطوة الأولى هي التعرف على طبيعة ظاهرة العلوم ذاتها وطابعها التشبيكي (Networked) والدرجة التي وصلت إليها من التدويل. فالفهم الغالب لهذا الأمر لدى الحكومات ودافعي الضرائب في البلدان الغنية هو أنه نطاق من العوامل الخارجية حيث تتحقق المنافع، لكنه غالباً لا يكون ذلك نتيجة مباشرة للاســـتثمارات المـــزمعة. ولا بد من تمييز الاختلافات على نحو واقعي بين مختلف مجـــالات العلوم. فبعضها، مثل فيزياء الطاقة العالية، يتطلب استثمارات كبيرة ثابتة

ذات رأس مال مكثف مما يستلزم تعاوناً دولياً صريحاً لتجنب تكرار الجهود ولتجميع التمويل. بينما نجد علوماً أخرى، مثل الأبحاث الزراعية، تعتمد على المكان وتحتاج إلى أن تكون موزعة. وينبغي على البلدان النامية، على وجه الخصوص، أن تتجنب ببساطة تكرار إنشاء مؤسسات العلوم الوطنية التي أنشئت في العالم المتقدم خلال القرن العشرين. وسوف يصبح لدى هذه البلدان مع مواصلة تطورها الكثير من البدائل لتمويل أنواع التخصصات التي تستفيد من الانفتاح في النظام الحالي.

من الواضح أن آليات الحكم (Governance) سوف تتطور بلا شك لتتواكب مع الواقع. وينبغي على النموذج القديم للتنظيم الوطني، وهو الذي اعتمدته الحكومات إطاراً لإنشاء المؤسسات ذات التنظيم الهرمي حيث كان التعاون الدولي يتم عبر منظمات المعاهدات الرسمية بناء على الجهات الوطنية المنظمة، أن يفسح المجال أمام أشكال أكثر مرونة للحكم والتعاون عبر الحدود. يشمل جزء من هذه المرونة التعاون غير الرسمي على المستويات المتوسطة في تنظيم الحكومة، وهو ما تطلق عليه "آن - ماري سلوتر" "العمل عبر الحكومات"[1]. ويتم جزء آخر بمساعدة المنظمات غير الحكومية والجهات المعنية وبمشاركتها المباشرة في العملية التنظيمية. ويشمل البعض أيضاً شركات بين القطاعين العام والخاص، بين الشركات والمنظمات غير الحكومية، وبين الحكومات على مختلف المستويات. ربما بدت جميع هذه الأشكال الجديدة للحكم والتعاون الدولي مثيرة للقلق لأنها تتجنب الآليات الديمقراطية الرسمية للمساءلة لمصلحة آليات أقل مسؤولية وأقل شفافية؛ يحدث هذا أحياناً توخياً للفاعلية والسرعة في اتخاذ القرار. لكنها تبدو أيضاً ضرورية إذا أردنا للحكم أن يواكب سرعة تطور العمليات الاجتماعية التي يجري تنظيمها. هذه هي التحديات التي سوف نضطر كمجتمع عالمي إلى مواجهتها في القرن الحادي والعشرين.

ومع استمرار تدويل العلم في المستقبل، سوف يتواصل فرض أنواع أخرى من التحديات على هذا التعاون. إذ إن الأبحاث العلمية لا تنتج مجرد سلع عامة فقط، بل تؤدي إلى شرور عامة أيضاً: فالأسلحة النووية وغيرها من أسلحة الدمار الشامل والعوامل البيولوجية الخطرة التي قد تصنع في المستقبل لتصبح أكثر ضراوة

وبـــتكلفة منخفضة نسبياً، وكذلك مختلف أشكال الضرر البيئي، هي آثار جانبية للاســـتخدامات الجيدة. وهذه الأمور تستلزم نظماً للتحكم مثل النظام الذي أُنشئ بموجب معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية. إلا أن الطابع الدولي التشبيكي للعلم في هذه الحالات والذي يجعله ملائماً لتحقيق غايات إيجابية يجعل من الصعب أيضاً الحيلولة دون إساءة استخدامه.

لكنـــنا لا نـــستطيع حتى أن نبدأ معالجة الآثار الإيجابية أو السلبية للإنجازات العلمـــية إن لم نفهم أولاً طبيعة الظاهرة التي نحللها. وتحقيقاً لهذه الغاية، فإن كتاب *نـــشوء الأكاديمية العالمية الخفية* يقدم خدمة لا تقدر بثمن، ليس عبر المساعدة على تطوير هذا الفهم فحسب، بل أيضاً عبر تحويل شروط النقاش في السياسات العلمية نحو النموذج الجديد الذي تقتضيه طبيعة العالم في القرن الحادي والعشرين.

فرانسيس فوكوياما

برنارد ل. شوارتز، أستاذ الاقتصاد السياسي الدولي

مدير برنامج التنمية الدولية

بول هـــ. نيتز، كلية الدراسات الدولية المتقدمة

جامعة جونـــز هوبكنـــز

شكر وتنويه

أنفقت أكثر من ست سنوات في إجراء الأبحاث والمقابلات مع أفراد كثر من أجل إنجاز هذا الكتاب. وتلقيت دعماً له من "برنامج الدمج العالمي" التابع لمؤسسة روكفلر (نيويورك)، وأنا ممتنة كل الامتنان لمديرة البرنامج جانيت مون على اعتقادها بهذا المشروع وعلى ما قدمته من دعم وتشجيع، فمن دونها ما كان إنتاج هذا الكتاب ممكناً.

أنجزت الشطر الأكبر من هذا الكتاب في مركز السياسات الدولية للعلوم والتكنولوجيا في جامعة جورج واشنطن في العاصمة واشنطن، وأنا ممتنة لنيكولاس فونورتاس في جامعة جورج واشنطن على دعمه وتشجيعه وعلى توفير المنزل الذي كتبت فيه الكتاب.

أجريت جزءاً كبيراً من بحثي، من أيلول/سبتمبر 2001 حتى ربيع 2004، كمشروع بحثي في "كلية أمستردام لأبحاث الاتصالات" (ASCOR) وفي "كلية جامعة هولندة للعلوم والتكنولوجيا والثقافة الحديثة" في جامعة ماستريخت. لم يكن لويت ليدسدورف الذي شجعني وأعانني مصدر إلهام لي فقط، بل كان أيضاً بمنزلة دليل رائع عبر المواد والأدوات والأفكار اللازمة لإكمال الكتاب. ورغم أن العديد من الأفكار في هذا الكتاب يمكن أن ترجع فكرياً إلى كثير من الأشخاص الآخرين، لكن لويت ليدسدورف هو الذي وهبها الحياة لأستفيد منها. وأود أن أشكر أيضاً المحررة في مطبعة مؤسسة بروكينغز، ماري كواك، التي اهتمت بهذا الكتاب اهتماماً شخصياً وحسنته كثيراً أثناء عملية الإعداد.

ينبغي أن أشكر أيضاً أشخاصاً كثيرين على تشجيعهم ودعمهم وعلى ما قدموه من المعلومات والملاحظات والتعليقات (feedback). وأخص بالشكر بول دوفور من

"مركـــز أبحـــاث التنمية الدولية" (IDRC) في تورنتو في كندا، الذي استخدم مهاراته الاجتماعـــية المدهشة لتسهيل اتصالي بكثير من الأشخاص الذين قدموا مدخلات لهذا المـــشروع، بمن فيهم جين وو من "مركز أبحاث التنمية الدولية"، وجيوف أولدهام من "جامعـــة ساســـكس" في بـــرينتون في المملكـــة المتحدة، وفرانسيسكو ساغاستي من "مؤســـسة (FORO) الوطنـــية" في ليما في البيرو، وكالستوس جوما من "مركز بلفر للعلـــوم والتكنولوجيا" من كلية جون ف. كينيدي للإدارة الحكومية بجامعة هارفارد، وكـــيث بيزانسون من "المعهد الدولي للتنمية المستدامة" في وينيبغ من ولاية مانيتوبا في كـــندا. لا بد أن أذكر أيضاً جوزيفين شتاين (من قسم دراسات الابتكار ضمن جامعة غـــرب لـــندن في المملكة المتحدة) فهي من طلبت المقالة التي كانت فاتحة هذا الكتاب عندما كانت ضيفة على قسم التحرير في مجلة *العلوم والسياسات العامة*.

وأتقـــدم بـــشكر خـــاص لرؤية بيتر جونستون وموظفيه من "وحدة الرصد والتقيـــيم في المفوضية الأوروبية" (بلجيكا). فمعظم الأساس النظري للحجج التي يذكرها الكتاب أخذ شكله كجزء من مشروع ضمن هذه المجموعة.

كـــذلك فقد أفادني كثيراً من جامعة جورج واشنطن كل من الزملاء ديفيد غريـــر وروبـــرت ريكـــروفت وهنري هيرتزفيلد وجون لوغسدون ولورين هول وكريستي فانيلي.

كمـــا ساعدني في "مركز أبحاث السياسات لمؤشرات الأبحاث والتطوير" من جامعة لوفان (بلجيكا) وولفغانغ غلانـــزل ومارتن ماير وزملاؤهما في نواحٍ كثيرة. وأشكر أيضاً نيل ستيفينسون المؤلف المقيم في الولايات المتحدة الذي كان أول من وجهـــني إلى الاهتمام بتاريخ "جمعية لندن الملكية" ودور ج. كومينيوس في تشكيل الكلية الخفية.

ولـــن أنسى سيلفان كاتز، وهو زميل من "وحدة أبحاث السياسات في العلوم والتكنولوجـــيا" في جامعة سسكس (برايتون، المملكة المتحدة) وأستاذ مساعد في الرياضيات والإحصاء في جامعة ساسكاتشيوان من ولاية ساسكاتون في كندا الذي وجهني بصبر شديد عبر المؤلفات التي تتحدث عن التعقيد والنظرية.

وأثناء كتابتي للكتاب، حظيت بفرصة عظيمة لتبادل الأفكار في ورشة عمل نظمـــتها كيتي بورنر (جامعة إنديانا، بلومينغتن)، وهي التي تتميز بصفات القائد

المتبصر في مجال تصور المعلومات العلمية، فقد جذبت عدداً من الأشخاص معاً لحضور ورشة عمل في تطوير المجال، التي عقدت في "أكاديمية نيويورك للعلوم" في الرابع من نيسان/أبريل عام 2006. وقد ساعدني الأشخاص الذين التقيتهم في ورشة العمل من أجل تصور المواد وتنظيمها بهدف وضع هذا الكتاب. وأخص بالشكر جون بورغون من جامعة إنديانا في بلومينغتون وبرادفورد بيلي من "مؤسسة دبليو. بي. بيلي لوسائل الإيضاح" في نيويورك على العرض البصري المدهش الذي قدماه للتركز الجغرافي للعلوم. وأشكر أيضاً باريندز مونز من جامعة إيراسموس (روتردام، هولندة) على الإلهام الذي قدمه لي، وديك كلافلانز وكيفين بوياك وكلاهما من "مؤسسة استراتيجيات تكنولوجيا العلوم" في نيو برنزويك من ولاية نيوجرسي على مساعدتهما في توضيح طرق القياس وتصور العلوم.

وهناك أصدقاء وزملاء آخرون قدموا مدخلات قيمة وملاحظات عميقة، بمن فيهم فرانسيس فوكوياما من "كلية بول نيتزه للدراسات الدولية المتقدمة" في جامعة جون هوبكنز في واشنطن العاصمة، وجويل غارو من صحيفة *واشنطن بوست*، وبيتر ستماير من جامعة أوريغون (يوجين)، وفيليب شابيرا وسوزان كوزينز من "جورجيا تك" (أطلانطا). وشارك زملاء من مركز الأبحاث حول الإبداع والتدويل (CESPRI - بولونيا، إيطاليا) بمن فيهم ستيفانو برستشي وفرانكو ماليربا ولورنزو كاتشي بعدد من جوانب نظرية الشبكات (Network theory)، وكذلك جوناثان كيف من جامعة واريك (كوفنتري، المملكة المتحدة). كما قدم لوتشيو بيجيرو من جامعة لويس في روما ملاحظات مهمة، وساهم فرانسيسكو سيركوفيتش من منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية - اليونيدو (UNIDO) في فيينا بدعمه وملاحظاته على جزء من البحث في عدة فصول. وأشكر أيضاً جيري سولينغر من مؤسسة راند (RAND) (سانتا مونيكا، كاليفورنيا) على مشاركته لي بقدرته الفريدة في تنظيم الأفكار ضمن حبكة جيدة.

وأنا مدينة بالشكر أيضاً لكل من إيدوين هورلينغز من معهد راثيناو في لاهاي، هولندة، وأريندام دوتا وبريان جاكسون زملائي في مؤسسة (RAND) على مساعدتهم في قياس القدرات العلمية وفهمها.

وقـــد حظيت أيضاً بدعم ممتاز من عائلتي في جميع مراحل المشروع. وخاصة أخي جون دين فاغنر الذي كان يمدني بالدعم والحماسة بلا كلل، وزوجي دينيس ماكينتوش، الذي قدم لي دعماً غير مشروط هو وأطفالي جوليا وكريغ ونورا. وأنا أهدي هذا العمل لذكرى أختي الغالية ماري بات فاغنر التي توفيت في فترة كتابتي هذا الكتاب.

وأثمـــن أيضاً مساعدة العاملين في مكتبة الكونغرس وجمعية لندن الملكية على إتاحة المجال أمامي للوصول إلى كتب نادرة.

الفصل الأول

ظهور الأكاديمية العالمية الخفية

> إذا كنتُ مصيباً في مسألة تسطح العالم، فسوف نتذكر هذا الحدث على أنه واحد من التغييـرات الأساسـية، مثل ظهور الدولة القومية أو الثورة الصناعية، التي أدت كل منها في زمانها إلى إحداث تغييرات في دور الأفراد ودور الحكومات وشكلها وفي أسلوبنا السابق في الإبداع وطريقة أدائنا الأعمال في ذلك الوقت... وكذلك المنهج الذي اتبعناه في إجراء الأبحاث والعلوم.
>
> توماس ل. فريدمن (Thomas L. Friedman)،
> *العالم مسطح: تاريخ موجز للقرن الحادي والعشرين*
> (نيويورك، فارار وستراوس وجيروكس، 2005).

يعرَّف العلم على نحو عام على أنه المعرفة المنهجية بالعالم الطبيعي، وهو بذلك يعـد البـشرية بحياة أفضل. لقد ساعد التقدم العلمي عبر التاريخ في إنقاذ ملايين البـشر من الأمراض والمجاعات والفقر. وما اكتشاف البنسلين وإنتاج البذور ذات الإنتاجية العالية وتوزيع الكهرباء إلا بضعة أمثلة على السبل التي أسهم بها العلم في الـرفاه الاجتماعـي في القرن العشرين. بل إن هذا التقدم العلمي ترك في كثير من الـبلدان آثـاراً أكثـر عمقاً عبر دفع النمو الاقتصادي والمساعدة على إيجاد طبقة متوسـطة كبيرة الحجم عالية النشاط يعتقد كثير من واضعي النظريات أنها شرط أساسي مهم للديمقراطية. في حين لم تتمكن بلدان أخرى من جني مثل هذه المنافع فـضلاً عن التوزيع غير العادل للمكاسب المتحققة من المعرفة العلمية وتطبيقها منذ ولادة العلوم الحديثة في القرن السابع عشر، الأمر الذي أسهم في اتساع الفجوة بين العـالمين المتقدم والنامي[1]. وأنا أسعى في هذا الكتاب إلى توضيح السبب في ذلك، إضافة إلى تقصي كيفية تغير العلم وكيف يستطيع إطار عمل جديد لإدارة العلم أن يساعد في ردم الهوة بين من يملكون العلم ومن لا يملكونه.

كما يشير "توماس فريدمن" في مقدمة هذا الفصل، فإن تنظيم العلم يتغير وفق أشكال أساسية. ويختلف حجم هذه التغييرات فيكون أقل وأكثر اتساعاً في الوقت نفسه عما يشير إليه فريدمن. ورغم تسارع انتشار البيانات والمعلومات والمعارف العلمية، إلا أن عالم العلم يبقى بعيداً عن التسطح؛ أما تركيزه فقد انتقل من المستوى الوطني إلى العالمي. لكن الشبكات ذاتية التنظيم الممتدة حول العالم تتمتع بالسمة الأبرز بين سمات العلم اليوم، إذ تشكل هذه الشبكات كلية خفية للباحثين الذين يتعاونون معاً لا لأن التعاون مطلوب منهم، بل لأنهم يريدونه، وللعلماء الذين يعملون معاً لا لأنهم يعملون في مختبر واحد أو حتى ضمن اختصاص واحد، بل لأنهم يستطيعون تبادل أفكار أو معارف أو مهارات تحقق التكامل في ما بينهم.

تربط هذه الشبكات بروابط افتراضية بين علماء يعملون في بلدان متباعدة، وهي تنظم زبدة أعمال الباحثين المادية المتواصلة حول العالم؛ إنها تقدم إطار العمل الذي يتم ضمنه تكوين كل الفرق البحثية وتعديلها وتفكيكها وإصلاحها، وهي تجمع علماء من خلفيات متنوعة ثم تعيدهم مرة أخرى وقد تشاركوا في معارف جديدة. وهكذا نرى أن القرن الحادي والعشرين أعطى دوراً ثانوياً لإذابة بوتقة العلم أو المواطنة أو الولاء، بينما أصبح الطموح والفضول العلمي القوتين الرئيستين العاملتين في الأكاديمية العالمية الخفية.

وبالمقابل، كانت الوطنية العلمية في البلدان التي تعدّ المعرفة العلمية قيمة وطنية هي النموذج السائد في القرن العشرين، حيث عكفت السياسات الوطنية ووزارات العلوم الوطنية على تمويل الأبحاث العلمية وضبطها وتوجيهها نحو تحقيق التقدم في الأهداف المحلية، مثل الرخاء الاقتصادي والقوة العسكرية، وغالباً ما كانت فرص التعاون مقيدة بالتنافس الوطني. وقد استطاع هذا النهج أن يحقق لهذه البلدان مبالغ طائلة لقاء الاستثمار في ثرواتها ومواردها وثقافتها والاحتفاظ بها والاستفادة من مجموعة واسعة من الإنجازات المتحققة في المعرفة، لكنه ترك خارج هذا السرب بلداناً كثيرة تمثل بمجموعها غالبية سكان العالم.

إن ظهور الأكاديمية العالمية الخفية ينتج تحديات وفرصاً لتعزيز الرفاه الاجتماعي والنمو الاقتصادي، ويمنح البلدان النامية على وجه الخصوص فرصة ثانية من أجل وضع استراتيجيات تسمح بالاستفادة من المخزون المتراكم من المعرفة

العلمـــية وتطبـــيق ما تتعلمه لحل المشكلات المحلية. وأنا أسعى في هذا الكتاب إلى إرساء الأساس لمثل هذه الاستراتيجيات عبر وصف الأكاديمية العالمية الخفية وشرح طـــريقة عملـــها، فأقدّم عبر تطبيق المعرفة المكتسبة من التطورات الحديثة في نظرية الشبكة إطاراً لفهم مؤسسة العلم في القرن الحادي والعشرين[2]، مستخدمة مزيجاً من البيانات الكمية والنوعية لوصف الشبكات العالمية وتحديد القواعد المستخدمة وقوداً في تـــشغيلها ونمـــوها. وتمـــثل هـــذه المعلومات أساساً لمناقشة التحديات المتصلة بالسياسات التي يفرضها ظهور العلم التشبيكي (networked science)، إذ لم يعد ممكـــناً وضع سياسات العلم على أساس الحدود الوطنية مع أن الأمم لا تزال تؤدي دوراً مهمـــاً في تشجيع النشاط العلمي وتنظيمه. ولأن الهيكليات التي تنتج المعرفة ليـــست مقيدة ضمن الأمم، فإن إدارتها ضمن الحدود الوطنية لم تعد ممكنة. ولا بد من مبادئ جديدة لتوجيه السياسات العلمية اليوم وفي المستقبل.

أصول الأكاديمية العالمية الخفية

مـــع أن الكلية الخفية اليوم أشبه بظاهرة تنتمي إلى القرن الحادي والعشرين، فإنها أيضاً تمثل عودة ظهور فكرة قديمة. يتبين من استعراض التاريخ أن الكلية الخفية ليـــست جديدة على العلم، فهذا هو المصطلح ذاته الذي استخدم لوصف مجموعة مـــن العلمـــاء المستقلين المتشابهين في طريقة التفكير والذين هم أول من استخدم الملاحظة والتجريب لدراسة الطبيعة في القرن السابع عشر. لقد كان العلم في ذلك الزمن نتاج عمل فلاسفة في مجال الطبيعة كانوا عادة ما يستخدمون وسائل مستقلة مـــثل الـــسيد إسحق نيوتن وعالم الكيمياء الإيرلندي روبرت بويل. ولأن هؤلاء الأشخاص كانوا متحررين من نفوذ الحكومة إلى حد بعيد، فقد تبادلوا المعلومات والأفكـــار بلغة عالمية (هي اللاتينية) دونما اعتبار للحدود التخصصية (التي لا تكاد تكـــون موجودة في ذلك الزمان). وكما هي الحال اليوم، أصبحت الشبكات ميزة في المؤســـسة العلمـــية والتحقـــيق العلمي، حيث عمل العلماء الأوائل على تبادل الأفكار كجزء من سعيهم المشترك وراء المعرفة.

وعلـــى مر القرون، تقدم العلم شوطاً طويلاً انطلاقاً من أصوله وتزايد طابعه المهـــني. وتم إنـــشاء المختـــبرات، مـــثل مختبر بيير وماري كوري، للتركيز على

موضـــوعات اختصاصية مثل علم الأحياء والفلك والفيزياء والطب. ثم تلت هذا عملـــية تأمـــيم عـــندما توحدت الولايات في دولة واحدة في القرنين التاسع عشر والعـــشرين، وبـــدأت الحكومات توسيع سلطتها على النشاط العلمي عبر إنشاء مؤسسات علمية وطنية، مثل "المركز الفرنسي الوطني للأبحاث العلمية" (CNRS) الذي أنشئ عام 1939، والذي يدير اليوم أكثر من ألف من المجموعات البحثية في أنحاء البلاد.

وقـــد كـــان من شأن التنافسات الاستراتيجية والمنافسة الاقتصادية الشديدة أن حفزتا كمية هائلة من الاستثمارات المماثلة في "العلم الكبير" في بلدان أخرى، وخاصة في أعقـــاب الحـــربين العالميـــتين اللتين أظهرتا قدرة العلم على تعزيز القوة العسكرية. أحكمت الحكومات الوطنية قبضتها على العلم وأنفقت استثمارات ضخمة في كل من المؤســـسات البحثية العسكرية والمدنية، وصبت مؤسسات مثل "مؤسسة العلوم الوطنية الأمـــريكية" و"أكاديمـــية العلوم الروسية" استثمارات مكثفة في العلوم الأساسية، بينما اســـتثمرت الـــوكالات الشقيقة في مشروعات بارزة صممت لإحداث هالة من القوة والهيبة الوطنية، مثل السباق إلى القمر والكفاح من أجل إيجاد علاج للسرطان.

وفي الآونـــة الأخـــيرة، تغيرت هيكلية العلم مرة أخرى مع ظهور الأكاديمية العالمية الخفية. هناك خمس قوى تقف وراء التحول في هيكلة العلم يمكننا الاستعانة بها لفهم هذا التطور المهم:

– **الشبكات**: تتألف الشبكات من اتصالات وروابط بين العلماء، ويمكن أن تكـــون هـــذه الروابط ضمن المؤسسات الرسمية أو المشروعات القائمة، لكنها لا تـــتوقف عندها. وهي تتكون عبر اللقاءات والمصالح المشتركة وتمتد على مساحات جغـــرافية واسعة. ليست هذه الشبكات مصممة أو مكرسة لشخص محدد، وهي ليـــست عشوائية أيضاً، بل تعمل وفقاً لقواعد وديناميات محددة تختلف عن نظيراتها الـــتي حكمـــت مؤسسة العلم منذ الحرب العالمية الثانية على أقل تقدير. وسوف يكـــون واضـــعو السياسات إذا تسلحوا بفهم لهذه الديناميكيات، في وضع أفضل للاستفادة من نقاط القوة التي تتمتع بها الكلية الخفية.

– **النـــشوء**: تنـــشأ الـــشبكات بين العلماء استجابة إلى المعلومات الجديدة والـــروابط الجديدة والفرص الجديدة. ليس العلم نظاماً قائماً على القيادة والمراقبة؛

فالنقاط المشتركة بينه وبين النظام البيئي أكثر من نقاطه المشتركة مع الشركة. تنشأ الأفكـــار الجديـــدة من عملية الجمع بين الأشخاص والمزج بين المعارف ثم تتكرر العملـــية، حيث يقوم الباحثون الذين يتمتعون بحرية في تحديد مجموعات الأشخاص والأدوات الـــتي يمكن أن تساعدهم لتحقيق التقدم في عملهم بتنظيم أنفسهم ضمن مجمـــوعات. وينبغـــي تسخير نشوء هذه المجموعات وتعزيزه في عصرنا التشبيكي كقوة مؤثرة في إحداث المعرفة.

– **الانتـــشار**: الأفكار تنتشر في كل مكان، فنرى الباحثين المتدربين ينتقلون إلى أماكن تعزز وصولهم إلى الموارد وتجعلهم يسهمون على نحو أفضل بمواهبهم في وعـــاء المعرفة العلمية. وكذلك تنتشر المعرفة والمعلومات، وتنشأ روابط غير متوقعة مـــن البيانات الموضوعة على الإنترنت أو المتبادلة بين الباحثين، بل غالباً ما نجد أن الباحثين لا يعلمون أنهم سوف يجدون مجموعة مفيدة من بيانات حتى يعثروا عليها مـــصادفة ضمن إطار ملكاتهم المتميزة المعروفة في ميدان الاكتشاف العلمي. ومن خـــلال التـــشجيع علـــى انتشار الأشخاص والمعلومات والأفكار خارج الحدود الـــسياسية، يمكن للكلية الخفية أن تحقق تجميع المعارف بصورة أكثر فاعلية وكفاءة من "القومية العلمية".

– **قوة الارتباط**: ما زال المكان (الموقع) مهماً في العلم والإبداع[3]، وما زالت اللقـــاءات وجهاً لوجه ضرورية بالرغم من تأثير ثورة المعلومات. وفوق هذا كله، تـــتطلب بعـــض العلوم معدات باهظة الثمن كبيرة الحجم لتطوير الأبحاث وجعلها قـــوية الارتباط بالمقارنة مع الحقول الأخرى. وتتطلب علوم أخرى موارد لا تتوافر إلا في مواقع محددة. وتشجع قوة الارتباط هذه على التجمع الجغرافي أو على تركيز النـــشاط العلمي. وقد تصبح هذه المجمعات مثمرة جداً لأنها تمثل نقطة تلتقي فيها الموارد والأشخاص والأفكار، إذ يعدّ التجميع سمة أساسية في نظام المعرفة. وبالرغم مـــن تـــوزع الـــبحث العلمي عبر كامل المشهد، لكن لا بد أيضاً من أن تفسح السياسات مجالاً للتخصص.

– **التوزع**: صار العلم مسألة احتكاك وتواصل بعد أن كان مملكةً للعبقريات الفـــردية. وأصبح العلماء والمهندسون في أنحاء العالم منتبهين بنسبة متزايدة للمنافع المـــتحققة مـــن اجـــتماعهم معـــاً ضمن فرق يعتمد بعضها على بعض في توزيع

المهمات[4]. وغدا هذا التعاون ممكناً بفضل النمو الكبير في القدرات العلمية في القرن الماضي، وكذلك بفضل نمو التقنيات القائمة على الإنترنت. إن تزايد الاعتماد على توزيع المهمات يعني أن الباحثين أصبحوا غير مضطرين إلى الاجتماع في المكان نفسه مع نظرائهم المتعاونين معهم، وكذلك لم يعد لزاماً عليهم أن يكونوا في المكان نفسه الذي تظهر فيه المشكلات التي يسعون إلى حلها. إن هذا الاتجاه نحو التوزع يحدث فرصاً جديدة للعلماء وواضعي السياسات للحصول على المعرفة أينما كانت.

ثورة اكتشافات

تتضح بعض هذه القوى وآثارها عبر مشروع سُمّي بيبوساكس (BeppoSAX)[5]، والذي صمم في الأصل على صورة تعاون بين علماء فلك إيطاليين وألمان لدراسة نشأة الكون. وكان من شأن هذا الجهد أن جمع علماء الفلك في أنحاء العالم في نهاية المطاف.

إن أشعة غاما، وهي انفجارات ضوئية تصدر عند موت النجم، واحدة من أهم مصادر البيانات عن طبيعة العالم في لحظاته الأولى. ولم تكن أشعة غاما قبل افتتاح مشروع "بيبوساكس" تدرَّس إلا نادراً، وذلك في بعض المناسبات إذ كانت تُلتقط بالأقمار الصناعية التي كانت مهمتها الأساسية مسح الكرة الأرضية بحثاً عن اختبارات للقنبلة الذرية لم يعلن عنها. وكان القمر الصناعي "إكسبلورر 11" الذي أطلق عام 1961 أول قمر صناعي يحمل تلسكوباً لأشعة غاما، وكان يلتقط حتى 22 عملية ظهور لأشعة غاما في الأشهر الأربعة الأولى من تشغيله، فأعطى لمحة مشوقة من البيانات الإضافية التي من الممكن جمعها عبر قمر صناعي مصمم لهذا الهدف[6].

وفي بداية التسعينيات قامت مجموعة من علماء الفلك في "معهد روما لفيزياء الفضاء والفيزياء الكونية" (Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Roma) بإطلاق مشروع بناء قمر صناعي مكرس لمراقبة الأشعة السينية للغايات العلمية، بصورة مستقلة عن مهمة التجسس التي تقوم بها أقمار إكسبلورر الاصطناعية. وسرعان ما جذب المشروع دعماً دولياً مع مشاركة من باحثين في

"المؤسسة الهولندية لأبحاث الفضاء" (Stichting Ruimte-Onderzoek Nederland).

يقول ماركو فيروتشي (Marco Feroci) من معهد روما لفيزياء الفضاء:

> إن صنع قمر صناعي مكلف جداً، لذلك عليك أن تقوم بأفضل عمل ممكن منذ البداية. وحتى تحصل على التمويل، ينبغي أن تقنع السلطات السياسية بأنك تعمل في العلم الأفضل. لقد كان لدينا فريق من علماء الفلك الإيطاليين من جميع أنحاء إيطاليا، لكننا احتجنا علماء ذوي خبرة في استخدام وتصنيع وتطوير الآلات، وكان الهولنديون هم الأفضل في هذا النوع من التجهيز عندما بدأنا مشروعنا، لذلك قمنا بالتواصل معهم[7].

تعاونت عدة شركات إيطالية وهولندية على إنشاء القمر الصناعي "بيبوساكس" الذي أطلق في نيسان/أبريل من عام 1996 واستمر في عمله حتى عام 2002[8]. كذلك أنشأ فريق بيبوساكس شبكة عالمية من الباحثين لمتابعة البيانات التي يجمعها القمر الصناعي. وكما يوضح "ليجي بيرو" (Luigi Piro) مدير المكتب العلمي لمشروع بيبوساكس: "صممت هذه التجربة من البداية لتكون شبكة، وقد شارك فيها خمسون من المراقبين. وبهذه الطريقة استطعنا أن نتبادل البيانات بسرعة كبيرة، إذ كنا نرسل المعلومات إلى شبكة البريد الإلكتروني في لحظة وصول النتائج إلى الموقع [الذي احتضن حدث أشعة غاما]. وكان باستطاعة أي شخص لديه نتائج أو رأى شيئاً ما أن يرسل ما لديه من معلومات إلى الآخرين بالبريد الإلكتروني"[9]. وبهذه الطريقة أدى مشروع "بيبوساكس" وظيفتين معاً، فكان شبكة اجتماعية للباحثين وشبكة تقنية تستخدم الإنترنت للربط بين الأجهزة العلمية..

وعندما قام فريق "بيبوساكس" بتجميع بيانات عن أحداث ظهور أشعة غاما، أصبح أعضاء هذا الفريق المتعاونون يجذبون على نحو متزايد علماء الفلك العاملين على مسائل ذات صلة. وسرعان ما كثرت الطلبات على هؤلاء الباحثين من أجل المشاركة في تأليف الدراسات. ويوضح "بيرو" وجود عاملين اثنين استند الفريق إليهما للبت في قبول الطلبات المقدمة:

> درسنا كلاً من جودة بياناتها وسمعتها، وهي ذاتها من حيث الأساس. قمنا في البداية باختيار السمعة الأفضل في المجال لأن هذا يضمن جودة البيانات في المقام الأول. كانت لدينا بيانات عن أشعة غاما بينما كانت لدى المجموعات الأخرى بيانات مكملة عن أطوال موجات أخرى. لم نستطع التحقق من جميع بياناتها! لذلك اعتمدنا على سمعتها الجيدة في التأكد من أن لديها بيانات جيدة. ثم تبادلنا معها المعلومات فحصلنا على فهم أوسع لنتائجنا[10].

ويضيف: "لقد بنينا الثقة عندما عملنا مع أشخاص من أنحاء العالم كافة، وتطورت هذه الثقة مع الوقت. وهذا ما أدى إلى نجاح عمليات التعاون". وأدى هذا التعاون إلى نشر نحو 1500 مقالة بالاستفادة من بيانات "بيبوساكس"[11].

لقد تيسرت هذه الإنتاجية بفضل القرار غير العادي الذي اتخذه فريق "بيبوساكس" عندما جعل بياناته متاحة مجاناً لأي شخص. بينما كان "معهد فيزياء الفضاء" (the Istituto di Astrofisica Spaziale)، وهو معهد تموله الحكومة، يسعى في السابق إلى حماية وتأمين أي بيانات يحصل عليها. لكن "بيرو" وزملاءه أصبحوا مقتنعين في المراحل الأولى من مشروعهم أن التوزيع المفتوح هو الطريقة الأفضل لترويج بحثهم. وهذا ما أوضحه "بيرو" عندما قال:

> ناقشنا هذه المسألة في فريقنا إلى حد لا بأس به. أردنا أن نشارك الآخرين بياناتنا، لكننا لم نكن متأكدين من كيفية القيام بذلك. صحيح أن لدى الباحث الحق في استكشاف أدواته أو بحثه، لكن ينبغي أن يستفيد المجتمع كله أيضاً. لذلك قررنا أن نتنازل عن حقنا في الاحتفاظ بالبيانات [عن موقع أشعة غاما] لأنفسنا وشاركنا الآخرين فيها على الفور. ولم يكن ذلك هو المعيار المتبع في ذلك الوقت. لكنه كان قراراً جيداً لأنه ساعد على إجراء البحث الذي أدى إلى حصاد البيانات في النهاية. ومثلما شاركنا الآخرين في بياناتنا، شاركنا الآخرون في بياناتهم أيضاً[12].

يبين هذا القرار أن فريق "بيبوساكس" لم يكن يستشعر أشعة غاما فقط، بل كان يتلمس تحول العلم إلى ما وراء حدود الدولة القومية. وهكذا نرى أن السمات المميزة للكلية الخفية الجديدة تتمثل جميعها في التعاون على تأمين المعدات والاعتماد على شبكة واسعة وتوزع البيانات على نطاق واسع والحاجة إلى التنسيق وقيمة الانفتاح.

ردود الفعل الأولى على الأكاديمية العالمية الخفية

إن نشوء شبكات اجتماعية ذاتية التنظيم بين العلماء، مثل فريق "بيبوساكس" لأشعة غاما، هو تغيير لخريطة العلم عبر العالم وتغيير للقواعد المتبعة في إجرائه. لكن واضعي السياسات في البلدان المتقدمة كانوا بطيئين في إدراك أهمية هذه الشبكات. ففي الولايات المتحدة في نهاية تسعينيات القرن الماضي، لم تكن لدى معظم واضعي السياسات معرفة واضحة بنظام العلم العالمي. ولم يرَ كثير منهم ضرورة ملحة في

الاهــتمام بالعلــوم العالمية الناشئة والنظام التكنولوجي الجديد، وذلك ربما بسبب الحجم الهائل لنظام العلم في الولايات المتحدة. بينما رأى آخرون العلم الدولي جزءاً ملحقــاً بالعلــوم الأمــريكية. وفي محاولــة لتفسير السبب في أن وكالات العلوم الأمريكية لم ترَ حاجة إلى استراتيجية عالمية، يقول أحد موظفي الكونغرس: "العلوم الدولــية ليــست إلا شكلاً آخر من المساعدة الدولية"[13]. ولم يمنح اهتمام يذكر للتوصــيات المقدمــة للــوكالات الأمريكية بضرورة أن تعمل على الاستفادة من الــتعاون العلمــي الدولي ورعايته. واستمر عدم اهتمام وزارة الخارجية الأمريكية بالعلــوم الدولــية موضوعاً للنقاش في الاجتماعات حول السياسات العلمية وبين المــشاركين في الدعوة إلى العلم، لكن الزواج بين العلم والسياسات الخارجية ظل بمثابة شراكة عزيزة المنال.

لكن الاتحاد الأوروبــي اعتمد نهجاً مختلفاً فسعى بداية في أواخر التسعينيات إلى تــشجيع الــتعاون في العلوم بين الدول الأعضاء كجزء من جهوده الرامية إلى إنشاء "حقبة أبحاث أوروبية" (European Research Area)[14]. وحددت الشركات في سلــسلة من برامج أطر العمل لأغراض البحث والتطور التكنولوجي أولويات موضــوعية، مــثل الــبحوث واسعة النطاق أو النقل، مع جعل التمويل مشروطاً بالــتعاون بين اثنين أو أكثر من بلدان الاتحاد الأوروبــي. وكانت نتيجة ذلك نمو الــتعاون العلمــي بصورة سريعة في أوروبا. لكن الاهتمام كان ضئيلاً بالشركات خارج حدود الاتحاد الأوروبــي.

لم يكــن التركيز داخلي التطلع في المؤسسات العلمية المتقدمة مهمة لا جدل فــيها إذ أصبحت دعوات الأمم المتحدة والبنك الدولي إلى تسخير العلم لأغراض التنمية أمراً متزايد الشيوع في التسعينيات، ووضعت البرامج موضع التطبيق لمواجهة ظاهــرتي "هجرة الأدمغة" و"الفجوة الرقمية" اللتين انطوتا على هيكلية ربح أحد الطــرفين على حساب الطرف الآخر في المعرفة العلمية. وفي الوقت نفسه، ركزت مؤسسات أخرى على بناء القدرات العلمية في البلدان النامية وعلى تشجيع الروابط مع المؤسسات البحثية في العالم المتقدم.

لم يحقــق أي مــن هذه الأساليب السياسية أرباحاً كبيرة على نحو خاص، إذ وجــد واضــعو السياسات الأمريكية أنفسهم تحت ضغط متزايد لتشجيع التعاون

العلمي الدولي، وتم بذل قدر كبير من الجهود الدبلوماسية للتفاوض بشأن اتفاقيات العلــوم والتكنولوجيا، بالرغم من أن هذه الاتفاقيات لم تترك أثراً كبيراً في الاتجاه الفعلي للتعاون. فقد وجد واضعو السياسات في الاتحاد الأوروبـــي أن المشروعات الرامية إلى تعزيز منطقة الأبحاث الأوروبية غالباً ما كانت تشمل أعضاء من خارج الاتحـــاد الأوروبـــي، وهو ما سبب التباساً بشأن الجهة المستحقة لفوائد البحوث المـــنفذة. ورأت وكـــالات التنمـــية أن الجهـــود المبذولة لبناء القدرات في العلوم والتكنولوجـــيا لم تثـــبت علـــى نحو جيد في البلدان الفقيرة، وأن محاولات إنشاء الروابط بين البلدان المتقدمة والنامية أظهرت وجود تحديات صعبة[15].

كـــذلك فإن الجهود التي بذلتها حكومات الدول النامية لمحاكاة البنية التحتية واســـتثمارات الدول المتقدمة علمياً لم تحقق أهدافها في معظمها، والسبب غالباً هو تـــصميم سياسات خاطئة. فمثلاً، وضعت كثير من الحكومات سياسات واضحة للـــصناعة وللعلـــوم وللتعلـــيم، وكـــل منها مصمم لتوليد معرفة جديدة أو حل مـــشكلات محلـــية، لكن بقدر قليل من التقاطع بينها. كذلك غالباً ما يتم وضع الـــسياسات مـــن قـــبل ثلاث وزارات مختلفة (وهي عادة الاتصالات والصناعة والعلـــوم/التعليم) مع حد أدنى من التحفيز على تنسيق بعضها مع بعض. إضافة إلى ذلك، فقد وضعت كثير من الحكومات، كجزء من سياسات العلوم والتكنولوجيا، لوائح بمجالات الاستثمار ذات الأولوية. ويا للأسف، نجد أن هذه اللوائح تميل إلى العمومـــية، تعكس المجالات "الساخنة" في العلوم العالمية - مثل الكيمياء الحيوية أو علـــم الـــوراثة أو المواد النانوية (nanomaterials) - بدل أن تكون جهداً لربط الاستثمارات ذات الأولوية بالمشكلات والقضايا المحلية. وبالمثل فإن انعدام الواقعية يعيق كثيراً من الجهود المبذولة لإيجاد نظم إبداع وطنية. لعل هذه الخطط جذابة في حد ذاتها، لكنها لا تلقى في أغلب الأحيان سوى القليل جداً من الدعم على شكل استعداد سياسي أو مخصصات في الموازنة.

والأهم من ذلك أن تصور هذه الخطط ضعيف عادة، فهي تقترح في معظمها بـــناء نظـــام وطـــني وفق خطوط القرن العشرين، بدلاً من أن تظهر نظام العلوم والتكنولوجـــيا الناشـــئ الذي سيكون بمنـــزلة بيئة للتنافس على المواهب والموارد والأمـــوال في القرن الحادي والعشرين. إن هذه الجهود محكوم عليها بالفشل لأنها

تهمل حساب التحول من نظام علمي ذي تركيز وطني إلى آخر عالمي التركيز يقوم الباحـــثون، لا الهيئات الوطنية، بوضع القواعد ضمنه. يطرح هذا التحول تحديات جديـــدة أمام الحكومات التي أصبحت تمارس قدراً من السيطرة على العلم أقل مما كانت تمارسه في أوج العلم الكبير، لكنه ينتج أيضاً فرصاً جديدة، وخاصة بالنسبة للقـــادة في المناطق النامية التي تشعر بأهمية نشوء الكلية الخفية. فنرى بعض واضعي الـــسياسات الـــيوم يبتعدون عن وضع نظم الابتكار الوطنية من أجل إنشاء نظم معرفية تبحث عن المعرفة على الصعيد العالمي وتنشئ الروابط المعرفية على الصعيد المحلـــي. وهـــذا الـــتحول يبتعد عن التركيز على بناء المؤسسات نحو التركيز على الوظائف (functions) التي تعزز المعرفة والقدرة على التكيف.

بهـــذا المعنى، إن التأثير المتجدد لنموذج العلم التشبيكي يمثل خبراً جيداً جداً للبلدان النامية، فالشبكة العالمية نظام مفتوح يقدم فرصاً للوافدين الجدد، ولا سيما البلدان التي لم تشارك بنشاط في هذا النظام في القرن العشرين. لكن الشبكة ليست شفافة، وهي يمكن أن تعمل بقواعد غير مكتوبة، لكنها بالرغم من ذلك تعمل وفق قـــوانين ومعـــايير لا تخضع لسيطرة أي مؤسسة أو هيئة حكومية. ولا يمكن لأي مـــسؤول سياســـي أن يعد أحداً بالعضوية في الأكاديمية العالمية الخفية، لكن تعلُّم القواعد والمعايير والآليات التي تحكم الشبكات يمكن أن يحسن نتائج السياسات.

تنظيم هذا الكتاب

مـــن أجل توجيه الأكاديمية العالمية الخفية بالطريقة المناسبة وحتى تمتد فوائدها إلى الأمـــاكن والأشـــخاص الذين كانوا مهمشين في السابق، ينبغي على العلماء وواضعي السياسات أن يفهموا مبادئها. لذلك فإن هذا الكتاب يركز على وصف وتوضـــيح العوامل الخمسة التي تحدد طبيعة العلم في بداية القرن الحادي والعشرين وشـــكله. وأنا أعرض، باستخدام النظرية والمثال، حالة من السياسات العلمية التي تعالج العلوم والتكنولوجيا بوصفها نظاماً تشبيكياً ناشئاً وليس ثروةً وطنية.

إن القـــسم الأول من الكتاب، "إعادة النظر في العلوم والتكنولوجيا كشبكة معـــرفية"، يعيد ترجمة تنظيم العلوم على هيئة مجموعة من الشبكات العالمية الناشئة بـــدلاً مـــن مجموعة المؤسسات الخاضعة للرقابة الوطنية. ويؤكد الفصل الثاني على

أهمية هذا التحول عبر وصف النظم التي تطورت عبر التاريخ - وهذه النظم كانت الأمـــم مدارها، لا الطبيعة - وأصبحت الآن طي النسيان. يهدف التعاون العلمي العالمي اليوم وبنسبة متزايدة إلى إحداث المعرفة لا إلى خدمة مصالح الأمم. وبالرغم مـــن انتشار التعاون عبر جميع المجالات، إلا أنه يأخذ أشكالاً مختلفة في التخصصات المخـــتلفة. ويمكـــن تحديد أربعة أنواع للنشاط التعاوني، والفصل الثاني يصف كلاً مـــنها، وهـــي: المشروعات المنسقة والمشروعات الجيوتكنيكية ومشروعات العلوم الكبرى والمشروعات الموزعة.

يحـــدد الفصل الثالث العوامل والقوى التي تدفع هيكلية العلم الناشئة في القرن الحـــادي والعـــشرين، عارضاً آخر ما توصل إليه العلم من نتائج في الفيزياء وعلم الأحـــياء والنظـــرية الاجتماعـــية، حيث أصبح العلم وبنسبة متزايدة مجموعة من الـــشبكات التكيفية المعقدة على المستوى العالمي. لكن هذه الشبكات التعاونية لا تـــتكون على نحو عشوائي، بل تنشأ من اختيارات مئات الأفراد الذين يسعون إلى تحقيق أقصى قدر من الرفاه. وهي تبدي تكراراً محدداً، بقدر ما تبديه الأسواق، ولا سيما العلاقات الضعيفة والعوالم الصغيرة وحجم الفائض والتبادلية وتفاعل الارتباط التفـــضيلي للـــتأثير علـــى مسارات تدفق المعرفة وفي تحديد طريقة نمو الشركات وتطورها. وبفهم هذه القوى، يمكننا أيضاً أن نعرف السبيل الأفضل للاستفادة من الشبكات المرتبطة بها.

ويتـــناول القـــسم الثاني المعنون "متاهة العالم: فهم ديناميات الشبكات" تفاصيل القـــوى المحركة للكلية الخفية الجديدة. يستخدم الفصل الرابع بيانات كمية ليؤكد أن العلـــم العالمي يعمل بالفعل مثل شبكة، وأن هذه الشبكة تنمو بمعدل مدهش. ويوضح الفـــصل أيـــضاً كيف تتوسع الشبكة عبر التركيز على المحفزات الدافعة للأفراد الذين يـــشكلونها. وهو يبين أن نموذج التعاون في مجموعة واسعة من التخصصات يتبع توزيعاً حـــراً يميـــز النظم التكيفية المعقدة ويستكشف القواعد السهلة التي تولد هذا التعقيد. ويـــناقش أيـــضاً دور التداول في الأكاديمية العالمية الخفية ويتحقق من آثاره على الدول النامية عبر التركيز على الفارق بين "هجرة الأدمغة" و"اكتساب العقول".

يـــتعد الفـــصل الخامس عن الأشخاص ليناقش دور المكان في الكلية الخفية. وبالرغم من أن التقنيات الجديدة تمكننا من تجاوز الحدود الجغرافية بطريقة كان من

الصعب على الأجيال السابقة أن تتصورها، إلا أن جغرافية الكلية الخفية ليست افتراضية على نحو كلي، فلا يزال للمكان أهميته. ويبين الفصل الخامس سبب هذا ويشرح كيف ينبغي أن يؤثر في عمليتنا الفكرية في توزيع الموارد العلمية ووضع استراتيجيات لنشر منافعها على نطاق أكثر اتساعاً. يتركز العلم حالياً في البلدان المتقدمة تركزاً كبيراً، ويعود ذلك جزئياً إلى الدعم السياسي وإلى تراكم السمات التي تتمتع بها هذه البلدان مكانياً. وقد يكون هذا التركيز مفيداً في بعض الأحيان، بل ضرورياً، لكن توزيع المرافق والشراكات يكون أكثر ملاءمة في حالات أخرى. كما يقترح الفصل الخامس طرقاً لإعادة تصميم السياسات العلمية على نحو يحقق توزيعاً أكثر إنصافاً لمنافع المعرفة العلمية. ويقدم الفصل أخيراً مفهوم الاستراتيجية المزدوجة التي تدعو في آن واحد إلى "توظيف" الاستثمارات و"الربط" بالشبكة العالمية.

أما الفصل السادس فيستفيد من هذا النقاش عبر معالجة قضايا القدرات العلمية والبنى التحتية العلمية التي تمثل شروطاً مسبقة للمشاركة في الأكاديمية العالمية الخفية، ويحدد القدرات ويحلل المؤسسات والوظائف التي تكوّن أركانها الأساسية. ويدرس الفصل أيضاً بدائل لنموذج القومية العلمية الذي يتطلب من كل دولة أن تستفيد من البنية التحتية العلمية الخاصة بها. واليوم، وبالرغم من ضرورة توفير العناصر الأساسية للبنية التحتية العلمية على المستوى المحلي، لكن لا ينبغي على الحكومة الوطنية أن تؤمّنها جميعاً. إن البدائل تتضمن الاستفادة من التشارك على المستوى الإقليمي أو الدولي.

ويقدم القسم الثالث، "الاستفادة من الشبكات لتوسيع نطاق منافع العلوم والتكنولوجيا"، الاستنتاجات المتعلقة بالنظام العالمي ضمن إطار الحكم. يعرض الفصل السابع السياسات الموصى بها لكل من البلدان المتقدمة والنامية، ويهتم بمسألة السياسات العلمية الشاملة الهادفة إلى توجيه الأكاديمية العالمية الخفية بطريقة تسمح بنشر منافعها على نطاق أوسع على الفئات التي كانت في السابق مستبعدة من المشاركة الكاملة. وسوف يتطلب الأمر صياغة آليات جديدة لدعم العلم واستخدامه استجابة إلى هذا التحول. لذلك فإن مهارة واضعي السياسات في صياغة هذه الاستراتيجيات سوف تحدد إلى حد كبير الرابح والخاسر بعد هذه الفترة الزمنية من التغير المعقد.

إن الهيكلـــية الاجتماعـــية الجديدة للعلم تفرض أمام كل من البلدان المتقدمة والنامية تحديات هائلة، بالرغم من تشعبها، إذ سيتعين على البلدان المتقدمة أن تعيد تحديد أدوارها بحيث تتوقف عن رؤية أنفسها كـــ "مانحة" بل كمشاركة في نظام عالمـــي. وأمام الدول النامية فرصة فريدة للاستفادة من النظام المتغير عبر الارتباط بالشبكة ومن ثم إنشاء الروابط المعرفية محلياً. ويمكن للسياسات القائمة على المبدأين الأساسين: التمويل المفتوح والوصول المفتوح، أن تساعد البلدان النامية على تحقيق هذه الأهداف.

إن التأثير الهائل للعلم في تنميتنا الاجتماعية والاقتصادية العالمية يثير تحدياً لفهم هيكليـــتها وديناميـــتها. وقـــد توقع مؤرخ العلوم "هيربرت بترفيلد" منذ أكثر من خمـــسين عاماً مضت أن تاريخ العلم الحديث قد يكتسب أهمية تكافئ أي شيء مر ســـابقاً في دراستنا لحالة الإنسان. وهو يقول إن العلم "سوف يكون مهماً بالنسبة لـــنا مـــن أجل فهم أنفسنا مثلما كانت العصور اليونانية والرومانية القديمة مهمة لأوروبا أثناء حقبة من الزمن تزيد على ألف سنة"[16]. لكن وتيرة التغيير سريعة جداً إلى حـــد أننا لا نستطيع انتظار المؤرخين لدراستها. ينبغي علينا أن نفهم النظام في أثناء امتداده وتطوره. تلكم هي غاية هذا الكتاب.

ملحوظة عن المنهجية

أجـــريت بحثاً من أجل هذا الكتاب امتد عدة سنوات ووظفت طرائق نوعية وكمـــية. وقد شرعت بالبحث من العام الواسع إلى الخاص، بادئة بتحليل لشبكة العلـــم العالمـــية، مروراً بدراسة الشبكات ضمن التخصصات العلمية، وصولاً إلى تقصي الأساليب المتبعة في التواصل ومحفزاته بين العلماء. لكن البحث كان مدفوعاً في الأصل بسؤال واحد: ما هو السر وراء نمو التعاون الدولي في العلوم بهذا المعدل الهائل؟

وقـــد كان معياري في اختيار طرق الإجابة عن هذا السؤال هو مدى قدرتها على إظهـــار ديناميـــيات العلاقات على المستوى العالمي. لكن من الصعب قياس الديناميات ضـــمن أي شبكة اجتماعية، وليس العلم العالمي مستثنى من هذه القاعدة. صحيح أن الاتـــصالات تظهـــر ديناميات الشبكة العالمية، لكنها تحدث عند مستويات مختلفة من

"الـــشكليات" وقـــد تكون سريعة الزوال[17]. وبالنتيجة، فإن هذه الدراسة تركز على نـــشاطات ذات طابـــع أكثر رسمية وهي التي ذكرت في المقالات المنشورة، في مقابل المشاركة في المؤتمرات التي تعدّ أقل رسمية بكثير وتمتد على مدة زمنية أقصر، إذ لا يمكن تحديـــد أي تواصل علمي، بالنسبة للغالبية، إلا بالآثار التي يخلفها وراءه (مثل الدراسات الـــتي يشارك عدة مؤلفين في وضعها). إضافة لذلك، لا يمكن قياس الاتصالات إلا إذا كانـــت مدونـــة أو منشورة[18]. ورغم أن هذه البيانات قد لا تمثل أكثر من غيض من فـــيض من جميع الاتصالات العلمية، لكنها قد تكون غنية بالمعلومات. فمثلاً، بتحديد المؤسسات الأم للمؤلفين، يمكننا أن نبين كيف يزيد توزع إنتاج المعرفة في العالم. ولأن المقـــالات تمـــيل إلى تقـــديم نتائج الاتصالات الناجحة، فقد كانت الدراسة الإجمالية متحيزة إلى مصلحة عمليات التعاون التي أدت إلى نتائج ذات أهمية كافية جعلتها تحظى بالاهـــتمام علـــى مـــستوى الأعمـــال المعـــتمدة (رسمياً) المنشورة التي يقوم الأقران باستعراضـــها. وقـــد قمـــت بأخذ جميع الأعمال المنشورة من قواعد بيانات "معهد المعلومات العلمية" (Institute for Scientific Information).

إضـــافة إلى تحليل هذا النوع من البيانات الكمية، أجريت عشرات المقابلات مع علماء ومهندسين كانت لهم مشاركة فاعلة في عمليات التعاون العالمي. ولأنني أجـــريت المقابلات مع أشخاص ذوي نشاط كبير في التعاون الدولي، فإن قصصهم تظهـــر النجاح في التواصل والتشبيك على مسافات بعيدة. أظهرت هذه المقابلات بعض الأسباب التي دفعت الباحثين إلى اختيار التعاون عبر المسافات الجغرافية وعبر التخصـــصات، فضلاً عن التحديات التي واجهتهم. كما أن عملية إجراء المقابلات ألقـــت الـــضوء علـــى أســـلوب الباحثين في الدراسة والعمل خارج بلدهم الأم، وأســـفرت أيـــضاً عن أمثلة زاخرة بالمعلومات حول الكيفية التي تمكن التعاون من إيجـــاد أساليب مبتكرة في إجراء الأبحاث. وقد استفدت من هذه المقابلات في عدة نقاط من الكتاب لتوضيح الاستنتاجات الناتجة عن البيانات وتوسيعها.

القسم الأول

إعادة النظر في العلوم والتكنولوجيا كشبكة معرفية

إن البنـــية العظـــيمة للعلـــم التـــي أنشأت كتلَة واسعة خلال الأعوام الـــثلاثمائة الماضـــية هـــي بنية متحركة غير ثابتة تتألف من أجزاء مفردة من المعلومات وذات صلابة كافية، لكن جميع الأجزاء تتحرك باســـتمرار وتـــتلاءم في ما بينها بطرق مختلفة وتضيف إليها أجزاء جديـــدة تزيد من زينتها كما لو أنها تطلب المشورة من المرآة فتعطي مجمل هذه الترتيبة شيئاً يشبه انعدام الموثوقية وعدم قدرة على التوقع لـــدى الأحياء. إن المعرفة البشرية ليست ثابتة، بل تتطور بفضل ما نـــسميه التجـــربة والخطـــأ، أو مثلما جرت العادة في الترتيب الخطأ والتجربة.

لويس توماس (Lewis Thomas)،
"في عدم يقينية العلوم "on the Uncertainty of Science،
مجلة هارفارد 83، رقم ذ (1980): 19-22

الفصل الثاني

طوبولوجية العلم في القرن الحادي والعشرين

ليس على الناس ولا الجهات الاجتماعية الفاعلة ولا الشركات ولا واضعي السياسات أن يقوموا بأي شيء للوصول إلى مجتمع الشبكات أو تطويره. *فنحن في مجتمع الشبكات أصلاً*، بالرغم من أن الشبكات لا تشمل كل شيء ولا جميع الأشخاص.

م. كاستل (M. Castells) وج. كاردوسو (G. Cardoso)،
"مجتمع الشبكات: من المعرفة إلى السياسات"
(نيويورك: مركز العلاقات عبر الأطلسي، 2006)

يلعب العلم على الصعيد العالمي دور شبكة، أو كلية خفية. ففي مقابل عمليات العلم على الصعيد الوطني، حيث تتولى الوكالات الإدارة وتقوم السياسات بتوجيه الاستثمارات، لا توجد وزارة عالمية للعلوم تربط الأشخاص على المستوى الدولي. ومع ذلك نرى أن معظم العلماء يتعاونون مع زملائهم في البلدان الأخرى. وكلما كان العالم (Scientist) أقرب للنخبة، كلما زاد احتمال أن يصبح في المستقبل عضواً فاعلاً في الكلية العالمية الخفية. يأتي هذا الفصل ليتقصى كيف بدأت الكلية الخفية ولماذا، وكيف يتم تنظيمها اليوم، ولماذا يكون الفهم مهماً لإدارة العلوم في القرن الحادي والعشرين.

لكن دعونا أولاً نلقي نظرة سريعة على مثال يوضح ذلك.

من بايرويت إلى البرازيل

في ربيع عام 1997، ترك "ولفغانغ ويلك" (Wolfgang Wilcke)، وهو واحد من رواد علماء التربة في العالم، مختبر أبحاثه في بايرويت في ألمانيا واستقل طائرة إلى البرازيل مع واحد من طلاب الدكتوراه وهو "جوليان ليلينفاين" (Juliane Lilienfein)[1]. وبالرغم من أنهما سرعان ما سوف يضطران إلى استعمال اللغة البرتغالية، إلا أنهما

تابعـــا التحدث بلغتهما الأم الألمانية على الطائرة التي حملتهما إلى وجهتهما. وكان موضـــوع حديـــثهما الدائر هو كيفية التنسيق لمشروع أبحاث علمية مع قادة ثلاثة مـــشروعات مخـــتلفة عبر ثمانية عشر موقعاً عبر المحيط الأطلسي. لقد كانت غاية "ويلـــك" و"ليلينفاين" من سفرهما إلى البرازيل هي دراسة التربة، وهي مهمة صعبة نوعاً ما. ولمزيد من التفصيل، كانا يحضّران لمشروع بحثي يمكنهما من معرفة طريقة إدارة الـــنظم الزراعية على نحو يقلل من ضياع المكونات الغذائية ويكمل الدورات الغذائية غير المغلقة. وكان هدفهما النهائي هو معرفة الطرق التي تجعل الزراعة أكثر استدامة في التربات الفقيرة.

لم يكن سبب سفرهما هو أن ألمانيا لا تحوي الكثير من التربة لدراستها، فهذا غـــير صحيح، بل لأن البرازيل جذبتهما لسببين اثنين. الأول هو التربة الاستوائية المعرضة بشدة للتحلل بفعل العوامل الجوية في منطقة *سيرادو* البرازيلية، وهي منطقة غابـــات وأعـــشاب ســـافانا تغطي أكثر من مليوني متر مربع في وسط البرازيل. والسبب الثاني هو "لوريفال فيليلا" (Lourival Vilela)، وهو أستاذ برازيلي عشق التربة أيضاً. وكان "فيليلا" يقود فريقاً بحثياً يعمل على مسائل تتصل بالتربة تشبه ما يقـــوم به "ويلك" في وزارة الزراعة البرازيلية (والتي يطلق عليها عادة إمبرابا) ضمن المعهد البرازيلي للأبحاث الزراعية الممول من الدولة. وكان مدير أبحاث "ويلك" قد تعـــرف على هذين الرجلين في مؤتمر عقد عام 1996 حيث اكتشفا وجود مصلحة مـــشتركة بينهما في المقارنة بين المكونات الغذائية في التربة في ظل ظروف زراعية مختلفة. وأدى نقاشهما إلى التعاون الذي جاء بـــ "ويلك" إلى البرازيل.

أصبحت الظروف الزراعية المستدامة موضوعاً ساخناً في الدراسات البيئية في الثمانينيات وبداية التسعينيات من القرن الماضي. وعلم "ويلك" أن مشروع البحث الـــتعاوني سيكون محفزاً ويمكن أن يؤدي إلى نتائج يمكن نشرها، وخمّن أن التحدي الذي يواجه الزراعة في الترب المدارية يمكن أن يجذب جهات مانحة. وجاء حدسه هـــذا في محله عندما حصل على تمويل من إحدى الجهات الحكومية الألمانية. وتقدم "فيليلا" أيضاً بطلب تمويل من حكومته، وجذب المشروع دعماً إضافياً من مصدر آخـــر، وهـــو برنامج البنك الدولي الذي يركز على التربة والمياه وإدارة المكونات الغذائـــية. ثم بدأ "ويلك" و"ليلينفاين"، مدعومين بتمويل لبحثهما، في وضع خطط

لزيارة سيرادو حيث يعمل المزارعون هناك على زراعة فول الصويا في التربة المدارية الصعبة.

كـــان "وولفغانغ ويلك" أول من انجذب إلى مجال علم التربة بسبب الطبيعة المعقـــدة للتربة التي تضم تفاعلات بين عناصر المياه والأوكسجين والكائنات الحية والحـــياة النباتـــية، وقد تلقى دروساً في دراسات الغلاف الجوي والنباتات وعلوم الأرض والهيدرولوجـــيا (دراسة المياه) عندما كان طالباً في الجامعة وبعد أن تغلب علـــى مـــئات المـــتقدمين الآخرين للدخول في برنامج للدراسات البيئية في جامعة ماينـــز. ووجد فرصة مغرية في تطبيق كل من الكيمياء وعلم الأحياء. كذلك فقد أعطـــته دراســـة التربة إمكانية للسفر إلى أماكن رائعة لأن أنواع التربة في أوروبا تختلف اختلافاً شديداً وفقاً لموقعها، فهي تختلف كثيراً، على سبيل المثال، عن أنواع التربة في المناطق المدارية. واستطاع "ويلك" في مدة قصيرة، بسبب حماسته لأبحاث أنـــواع التـــربة وموهبـــته في الحصول على تمويل لأبحاثه، أن ينال أعلى لقب في الأكاديمية الألمانية: الأستاذ البروفيسور[2].

إن إمكانـــية التميـــز في مجال الأبحاث العلمية، إلى جانب القدرة على جذب التمويل والمتعاونين، تنتج سلعة ثمينة، وهي حرية المرء في سعيه وراء إرضاء فضوله. وقـــد أدت هـــذه الحرية في حالة "ويلك" إلى اكتشاف الأسئلة التالية: لماذا تعطي الزراعة في الأقاليم المدارية هذه النتائج الضعيفة؟ (حتى لو اختلفت الطرق الزراعية المـــستخدمة بما فيها الحراثة وعدم الحراثة واستخدام المزارع كمراع في المناطق التي تـــسجل مخرجات قليلة جداً مقارنة بالمزارع في المناطق الأكثر اعتدالاً). لماذا ينبغي علـــى الـــناس في هذه المناطق، التي تتمتع بوفرة الأمطار والحياة النباتية المورقة، أن يبحثوا عن لقمة عيشهم في تربة قاحلة؟ ولماذا لا يزال المزارعون يستخدمون طرائق قديمة في الزراعة في مناطق تنتشر فيها حقول مستوية وتربة تتصف بثبات يمكنها من تحمل الآلات الزراعية؟

لقـــد كانـــت منطقة سيرادو البرازيلية مكاناً جيداً لبحث هذه المسائل، فهي تستقبل من الأمطار ما يساوي خمسة أضعاف الأمطار الهاطلة في الأودية الخصبة في ألمانـــيا، وهو ما يجعل سيرادو مكاناً مهماً لدراسة التربة على وجه الخصوص. ومع أن المطـــر يعـــدّ نعمـــة في ألمانـــيا، لكن سنوات المطر الغزير في البرازيل المدارية

تستنـــزف المركبات الغذائية من التربة، وتصبح عملية التحلل بفعل العوامل الجوية هذه مع الوقت كثيفة جداً إلى درجة تجعل التربة حمضية، وعند هذه المرحلة تختفي الكائنات الحية والمعادن ومحتوى الرطوبة والمواد الكيميائية التي يمكن أن تجعل التربة غنية. بل إن هذه العملية تصبح أكثر كثافة في المناطق المدارية الداخلية حيث يمكن أن تصل كمية الأمطار إلى ضعف ما يهطل في سيرادو. وعند قطع الغابات المطرية في هـــذه المناطق لصالح الأراضي الزراعية، فإن التربة التي تستمد المكونات الغذائية مـــن مظلة النباتات تصبح معرضة للمزيد من التآكل بفعل العوامل الجوية وتتلف بسرعة أكبر أيضاً.

يمكـــن، بالطبع، زراعة تربة سيرادو الفقيرة بالمكونات الغذائية، لكن المزارعين المحلـــيين يـــستخدمون الأسمدة الكيميائية لجعلها منتجة عندما تكون لديهم القدرة الماليـــة على تحمل ثمنها. ومن الصعب الحصول على هذه الأسمدة الكيميائية فضلاً عـــن خطر التعامل معها، كما أن المزارعين يشعرون باحتياج متزايد إليها للحصول علـــى الحجـــم ذاتـــه مـــن المحصول، لأن التربة المستنـــزفة لا تستطيع الاحتفاظ بالمكـــونات الغذائـــية في حالة السماد الكيميائي، التي سرعان ما تنجرف إلى المياه الجوفـــية، ثم يشرب الناس هذه المياه الجوفية الملوثة، مما يعرضهم إلى عوامل خَطِرة يمكن أن تسبب لهم أمراضاً قاتلة مثل الأمراض السرطانية.

أمـــضى "ويلـــك" و"ليلينفاين" أسابيع في سيرادو يعملان مع فريق "فيليلا"، فدرســـوا الحقول المحروثة وأخذوا عينات من التربة غير المحروقة للمزارع، وجمعوا عينات من المياه ومعلومات حول الطرائق المستخدمة في الزراعة. وكانت رحلتهما مثمـــرة، فقد توصل الفريق إلى نتائج مهمة في علم التربة، وخلص إلى أن الطرائق التقلـــيدية في إدارة التـــربة والـــزراعة تترك آثاراً سلبية على التربة. وبفضل هذه المعلـــومات الجديدة، تمكن الفريق من تقديم توصياته للمساعدة في تحسين الزراعة المحلـــية. فـــضلاً عـــن ذلك، قام "ويلك" وزملاؤه من أمريكا اللاتينية بنشر عدة مقالات في مجلات علمية.

لكن ربما لم يهتم "ويلك" على الفور بنتيجة أخرى لرحلته إلى البرازيل، وهي تعزيـــز عـــضويته في الكلية الخفية التي نشأت منذ عدة قرون مضت. صحيح أن "ويلـــك" و"فيليلا" لم يعملا لمصلحة الجامعة نفسها و لم يجمعا التمويل من الوزارة

ذاتها، لكنهما أجريا مشروعاً بحثياً مشتركاً في حقول سيرادو البرازيلية امتد لسنتين. وقاما أثناء هذا المشروع بإنشاء روابط وصلات ضمن شبكة معرفية. ومع أن هذه الروابط خفية في حد ذاتها إلا أن الرابط الذي أنشآه رابط حقيقي ويؤدي إلى نتائج حقيقـــية تتمثل في المعرفة الجديدة، وهي في هذه الحالة تحسينات ملموسة في حياة المزارعين البرازيليين والناس الذين يستفيدون من خدماتهم.

أصول الكلية الخفية

ليست هذه الروابط بجديدة، فلطالما عرفت الصلات بين الباحثين التي تجاوزت مؤسسات وأماكن خاصة بالكلية الخفية على الأقل منذ عام 1645 عندما استخدم هذا المصطلح العالم الإيرلندي "بوبرت بويل" (الذي غالباً ما يسمى "أبا الكيمياء") في رســالة إلى معلمـــه لوصف التفاعلات الحاصلة في مجموعة صغيرة من الفلاسفة الطبيعـــيين ذوي العقليات المتشابهة، والذين يعرفون أيضاً بـــ "البارعين" (Vïrtuosi). كـــان "بويل" يكتب أعماله في زمن من الهياج الفكري والاجتماعي. وفي منتصف القـــرن السابع عشر، أسفرت التلسكوبات المحسنة على يد غاليليو وغيره من علماء الفلك الأوائل عن قياسات أكثر دقة لحركة الأجرام السماوية. حيث أُظهرت هذه الحـــركات لمـــتابعة أنماط قابلة للتوقع يمكن كشفها بالملاحظة والدراسة العلمية. وكانـــت هذه الاكتشافات بمنـــزلة تحدٍّ لتعاليم أرسطو التي تقول إن السماء جرم إلهي ثابت، لكنها بعيدة عن فهم البشر.

وعندما بدأت النظرة الأرسطية تتنحى لتفسح المجال لوجهات نظر جديدة، انتشر الاهـــتمام بالاكتـــشافات التجـــريبية في مجال الطبيعة عبر أوروبا. وهكذا أنشئت في منتـــصف القرن السابع عشر في وقت متزامن تقريباً الجمعيات والأكاديميات العلمية في المـــدن الأوروبية[3]. وكانت الغاية من هذه الجمعيات تسهيل تواصل الأفكار وصياغة الـــتجارب وتـــبادل النتائج، وهو ما تعزز عبر الأعمال المطبوعة، فظهر ما لا يقل عن 300 مجلـــة علمية[4] بين عامي 1630 و1830. وكان نمو المطبوعات العلمية يزداد بمعدل كبير، فزاد عدد المجلات العلمية منذ ذلك الوقت بنسبة عشر مرات كل خمسين عاماً[5].

شملت كلية "بويل" الخفية أسماء بارزة مثل عالم الأحياء "روبرت هوك" وعالم الرياضـــيات "ويليام" و"فيسكونت برونكر" و"القس جون ويلكينـــز" وهو واحد

من الرؤساء المستقبليين لكليتي أوكسفورد وكامبريدج، و"السيد كريستوفر رين"، وهو عالم الفلك صاحب الإنجازات والمهندس المعماري مصمم كاتدرائية سان بول.

ظهرت هذه الكلية الخفية في زمن من الصراع السياسي العنيف في إنكلترا، إذ انقسمت بريطانيا إثر الحروب الأهلية التي بدأت عام 1642 واستمرت لكثير من العقود اللاحقة إلى معسكرين: البرلمانيون الذين سعوا إلى الدفاع عن الدور التقليدي للبرلمان في شؤون مثل فرض الضرائب، ومؤيدو الحكم الملكي الذين يفضلون وجود نظام ملكي أقوى. لكن التجريبيين الذين كانت لديهم آراء سياسية متباينة وضعوا خلافاتهم جانباً لمتابعة اهتمامهم المشترك في دراسة "العالَم المدرَك" عبر التجريب، وأدت نقاشاتهم في نهاية المطاف إلى إنشاء "جمعية لندن الملكية" (Royal Society of London) وهي أقدم جمعية علمية ما زالت قائمة حتى اليوم[6].

كان الأعضاء المستقبليون في الجمعية الملكية في زمن الثورة السياسية والحرب الأهلية ثوريين من نوع مختلف. فقد طرحوا أسئلة أساسية عن الطبيعة طعنت في العقيدة الدينية والأكاديمية لذلك الوقت. وبعد تعارفهم الشخصي، التقوا على نحو غير رسمي في البداية وتراسلوا في بعض الأحيان. وفي أواخر الخمسينيات من القرن السابع عشر، بدأت مجموعة ضمن الكلية الخفية تجتمع على نحو أكثر انتظاماً في كلية غريشام في لندن. وفي عام 1660، وبعد محاضرة ملهمة ألقاها المثقف السير "كريستوفر رين"، قررت المجموعة المجتمعة أن تشكل "كلية من أجل تشجيع التعلم التجريبي النفسي – الرياضي"[7]. واتخذوا شعار "لا نقتفي أحداً = *Nullius in Verba*" دلالة على أنهم كانوا مستعدين لاختبار الحقائق والسعي إلى إثباتها بدلاً من قبول تلقي الحكمة[8].

واليوم، بعد أن صار التشكيك في الحكمة المتلقاة معياراً ثقافياً معتمداً، يكون من الصعب أن نستوعب تماماً جرأة هؤلاء التجريبيين في إعلان ولائهم للعلم على الملأ. لكن مقامرتهم آتت ثمارها، ففي بداية عام 1660، وبعد مدة انتقالية بين الملكية والجمهورية استمرت إحدى عشرة سنة، تمت استعادة الملكية البريطانية. وجاء الملك الجديد تشارلز الثاني الذي اهتم بعمل المجموعة، والسبب الأكبر في ذلك هو صداقته مع الكونت المخلص للملك "برونكر". وفي عام 1661، منح الملك الجمعية ميثاقاً ملكياً أنشئت بموجبه جمعية لندن الملكية.

لقد أنعش أعضاء الجمعية الملكية نظرة العالم العلمية التي ظلت في حالة سبات قروناً طويلة. وعندما بدأت طرائق البحث عن المعنى الموضوعي للعالم الطبيعي تنتشر على نطاق واسع في القرن السابع عشر، تحدى بعض هؤلاء الرجال بعضاً في مسائل الفكر التقليدي وفي البحث عن الإجابات عبر تجارب موثقة قابلة للتكرار. وقام هؤلاء الأشخاص، الذين ربما كان الواحد منهم رجل دين غامض أو أستاذ رياضيات في إحدى الجامعات، بدفع بعضهم بعضاً بأقصى ما لديه من إمكانية في هذه المنظومة لتوسيع حدود المعرفة. وكما يصف "توماس سبرات" في كتابه *تاريخ الجمعية الملكية (History of the Royal Society)*: "لم تكن لديهم قواعد ولا طرائق ثابتة: بل كانت نيتهم تحقيق مزيد من التواصل في ما بينهم في ما يتعلق باكتشافاتهم التي استطاعوا أن يركزوا عليها على نحو ضيق جداً، بدلاً من توسيع نطاقها في بحث موحد أو ثابت أو نظامي"[9].

وكانت النتيجة هي ولادة عصر فكري جديد احتضن ثورة علمية انتهت باعتراف فوري بأهمية العمل الذي شمله كتاب إسحق نيوتن (*المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية*) المنشور عام 1687 بموجب موافقة "صاموئيل بيبيز" الذي أصبح في ما بعد رئيس جمعية لندن الملكية. ومع نشر *هذه المبادئ*، وضعت الأجرام السماوية ضمن مجال التحقيق البشري وتبين أنها تخضع لقوانين رياضية يمكن إدراكها[10]. وعلى نطاق أوسع، وكما كتب أحد المؤرخين في وقت لاحق، فقد "وجد التعلم الجديد في هذا الزمن طريقه إلى بعض الجامعات بعد أن قيده أتباع أرسطو زمناً طويلاً. وكان عدد المهتمين بالفلسفة الطبيعية يتزايد تزايداً سريعاً"[11].

لا تزال اكتشافات هذه الحقبة الزمنية تتمتع بأهمية ملحمية في تاريخ العلم، وفقاً لتأريخ "هيربرت بترفيلد" وغيره من العلماء[12]. أما الاعتراف بأهمية التزام الجمعية بالانفتاح وتركيزها على تسجيل النتائج العلمية ونشرها وإسهاماتها في التواصل العلمي فكان على نطاق أضيق. لقد كانت هذه الابتكارات الاجتماعية تجديدية تماماً مثل الأسلوب العلمي الذي تدعمه، وكانت أعمال الجمعية الملكية مكشوفة على الملأ مقارنة بعلماء الكيمياء القديمة في العصور الوسطى الذين كانوا يعملون في سرية تامة. وكان أعضاؤها يتراسلون بشغف مع التجريبيين في أي جزء من العالم يمكن أن يعثروا فيه على زملاء مؤيدين لهم (رغم أنهم لم يكونوا على ما

يبدو مطلعين على علوم الصين التي كانت معروفة جداً في ذلك الوقت). وكان السكرتير الأول للجمعية الملكية "هنري أولدنبرغ" (الذي ولد في بريمن في ألمانيا وعاش في لندن) قد أخذ على عاتقه بوجه خاص، كما قال، مسؤولية "إقامة صلات اجتماعية في جميع أنحاء العالم بين أكثر الأشخاص فلسفة وفضولاً في العالم"[13].

وكان ممن راسلهم "أولدنبرغ" في القارة الأوروبية: "كريستيان هويغنز" وهو هولندي نشر أعماله في مجال القوى المحركة [الديناميات]؛ و"رينيه ديكارت"، وهو فرنسي عاش في هولندة وأشار في كتاباته إلى أن الافتراضات غير المثبتة تقع ضمن نطاق الحكمة المتلقاة عن السكولاستيين (وهم فلاسفة العصور الوسطى الذين استمدوا إلهامهم من أرسطو)؛ و"غوتفريد فون لايبزن"، وهو ألماني عمل على نحو مستقل فأوجد رياضيات التفاضل والتكامل في الوقت نفسه تقريباً مع إسحق نيوتن. وكانت هناك أيضاً مراسلات بين أعضاء جمعيات مماثلة في إيطاليا وفرنسا[14]. وكما لاحظ "سبارت" أحد أعضاء الجمعية الملكية، فقد "بدأوا بإرساء نظام للمراسلات عبر جميع البلدان ثم اعتمدوه، فكان من النادر بعد وقت قصير من ذلك أن تمر سفينة عبر نهر التايمز دون أن تحمل شيئاً من تجاربهم، إضافة إلى البضائع"[15].

وكما يشير التركيز على التبادل الواسع للأفكار، فقد كانت بدايات العلوم الحديثة عالمية في عدة جوانب. وكان "البارعون" في الأصل رجالاً مثقفين وجدوا من يرعى أعمالهم أو كان لديهم من المال ما يكفي لتمويل أبحاثهم ومراسلاتهم ومشاركاتهم في اللقاءات العلمية. وبالنتيجة، لم تكن أبحاثهم مقيدة بضرورة توفر دعم الحكومة[16]. وقد كتبت معظم الكراسات والرسائل في تلك الحقبة باللغة اللاتينية، كما الكتب النادرة، الأمر الذي جعل نتائج التجارب في متناول الأفراد المتعلمين في مجموعة واسعة من البلدان. ورأى معظم المفكرين أن عملهم بالمعنى الواسع جداً جزء من جهد مشترك نحو فهم الطبيعة، وليس بحثاً في مجال محدد. ثم أصبحت بدايات العلوم الحديثة عرضة لعدد ضئيل جداً من المطالب المؤسسية أو السياسية أو التخصصية[17]. واستمرت هذه الظروف إلى حد ما حتى القرن التاسع عشر، لكن السياق الاجتماعي والسياسي بدأ يتغير مع تقدم العلم.

من الكلية الخفية إلى القومية العلمية

أعطـــى نمـــو المجتمع العلمي وزيادة التخصص في منتصف القرن التاسع عشر طابعـــاً مهنـــياً للـــبحث العلمـــي في أوروبا[18]. وكما لاحظ "دونالد ديب بيفر" و"ريتـــشارد روزن"، فقـــد ظهرت فئة مهنية كجزء من "عملية ديناميكية تنظيمية أدت إلى إعادة هيكلة ثورية لما كان مجموعة فضفاضة من العلماء الهواة وإلى تنظيم هذه المجموعة ضمن مجتمع علمي"[19].

وعـــزا هؤلاء العلماء أساس هذه العملية إلى "قدرة المجتمع العلمي على طلب دعم من المجتمع الخارجي وقدرة المجتمع على توفير هذا الدعم"[20].

وأصبح الأفراد المتدربون على التجارب موظفين في مختبرات ممولة من القطاع العام، وبدأ مصطلح "العالِم" يدخل حيز الاستخدام. وأصبح العلماء يركزون على نحـــو متـــزايد على مسائل ذات تطبيقات عملية، مثل تطوير اللقاحات والتقدم في التعامل مع المواد.

وفي الوقت ذاته، أصبح العلم مؤمماً على نحو متزايد. ليست مشاركة الحكومة في الأنشطة التي تدعم العلم بأمر جديد. فقد سبقت الحكومة البريطانية الـــ "ماغنا كارتـــا" في دعمهـــا لتوحيد الأوزان والمقاييس، كذلك فإن العديد من الحضارات الأقـــدم كانت تعتمد على الإجراءات القياسية أيضاً. كما ساعدت الحكومات الـــسابقة في تحفيز الإبداع عبر منح براءات اختراع للاختراعات الجديدة، وهي احـــتكار مؤقت لها. ووضعت جمهورية البندقية بعض أساسيات قانون براءات الاختراع في عام 1474. وبعد قرن ونصف القرن، أصبح منح براءات الاختراع بمـــوجب النظام الأساسي البريطاني مقتصراً على الاختراعات الجديدة، وتحدد عمر براءة الاختراع بأربعة عشر عاماً[21]. وفي عام 1663، صدر مرسوم ملكي آخـــر أعطـــى جمعـــية لندن الملكية حق نشر أحدث ما توصلت إليه المعارف العلمية.

لقـــد كـــان الهـــدف من وضع براءات الاختراع والعلامات التجارية ونظام الأوزان والمقايـــيس وقـــواعد التجارة هو ضبط ثمار النشاطات الإبداعية وإدارتها. صحيح أن مشاركة الحكومة في هذه النشاطات لم تسبق العلم، لكنها كانت شرطاً لازماً لنمو العلوم المهنية واستبقاء المعرفة ضمن نظام وطني. كما لعبت دوراً حاسماً

في وضـــع إطار قانوني نافذ يمكن أن يشجع المجازفة والسلوك الريادي، كما يشير عالم الاقتصاد "جوزيف سكومبتر"[22].

ومـــن ثم ظهر دور السلطات العامة ليستمر زمناً طويلاً في وضع إطار يساعد على تقدم العلم. لكن الدعم المباشر للعلم ظاهرة أكثر حداثة. فقد تطور جزئياً لأن العلـــم أصـــبح مكلفـــاً على نحو متزايد، إلى درجة تفوق قدرة أي جهة راعية أو مجمـــوعة خاصـــة على دعم النشاطات العلمية. ومع انقسام العلوم إلى تخصصات ومهـــن، انـــتقلت المختبرات من منازل العلماء إلى الجامعات والمؤسسات الخاصة. والتمست هذه المؤسسات تمويل الحكومات لدعم أبحاثها. وفي القرن التاسع عشر، أصبحت الحكومة الفرنسية أول من استخدم الأموال العامة لدعم العلم في مختبرات ومتاحف مكرسة للنشاطات العلمية. (ربما قدمت بعض المدن الإيطالية التمويل عبر الجمعـــيات العلمـــية خـــلال القرن العشرين، لكن ليس على نحو ثابت ولا ضمن مختبرات متخصصة). ومما يوحي بالتناقض أن إنكلترا تخلفت عن الدول الأخرى في تنظيم الدعم المالي للعلم وفي الاعتراف بالعلم مهنةً للعلماء[23].

غالباً ما تعد حملة "لويس" و"كلارك" في الولايات المتحدة المثال الرسمي الأول على تمويل الحكومة الفدرالية للجهد العلمي. فقد وافق الرئيس "توماس جيفرسون" على الحملة وأضاف شخصياً مهمة علمية واسعة على الحملة الأصلية موجهاً رسالة إلى الغرب كله. لكن حكومة الولايات المتحدة لم تقدم التزاماً مؤسسياً بالاستثمار في العلـــم حتى عام 1863 عندما صادق الكونغرس على إنشاء "الأكاديمية الوطنية للعلوم" عبر "قانون موريل" (Morrel Act). وبموجب التشريع ذاته وضع أيضاً نظام الكلـــيات المنشأة على أراض تقدمها الدولة، وهي خطوة أولى نحو وضع ما سوف يصبح في ما بعد نظام الجامعات البحثية العامة في الولايات المتحدة.

ومع توسع التعليم العالي واكتساب المهن العلمية والهندسية هيبة متزايدة، زاد عـــدد الناس المتوجهين لدراسة العلوم. وبالنتيجة، وبحلول القرن العشرين، لم تزد الكلـــية الخفـــية في ارتـــباطها الوثيق بالهوية الوطنية عن أيام "بويل" فحسب، بل أصـــبحت أيضاً مهنية وتخصصية أكثر بكثير. فتوسع العلم في القرن العشرين بمعدل غـــير مـــسبوق في جميع الجوانب، وحصلت زيادة هائلة في أعداد العلماء المتدربين والمؤســـسات والمـــوازنات في البلدان الغنية. ويشير "ديريك دو سولا برايس" في

أواخر خمسينيات القرن الماضي قائلاً: "باستخدام أي تعريف منطقي للعالِم يمكننا القول إن 80 إلى 90 بالمئة من جميع العلماء الذين عاشوا على وجه البسيطة هم أحياء اليوم... إن طابع العلم الحديث واسع النطاق بجدته وبإشراقه وبكل قوته هو واضح جداً إلى حد جعلنا نصوغ في وصفه المصطلح الجذل "العلم الكبير"[24].

من العلم الكبير إلى الأكاديمية العالمية الخفية

ما مدى كبر "العلم الكبير"؟ أثناء ثمانية عقود - من عام 1923 حتى عام 2005 - حصل ارتفاع هائل في تمويل الحكومة الأمريكية لحقل "الأبحاث والتطوير" (وهي مجموعة فرعية من العلوم والتكنولوجيا) بعد أن كان يقل عن 15 مليون دولار ليصل إلى 132 مليون دولار سنوياً (بالسعر الثابت للدولار)[25]. ومع نهاية القرن العشرين، وصل معدل الإنفاق على الأبحاث والتطوير إلى 2.2 بالمئة من الناتج المحلي الخام بين البلدان المنتمية إلى "نادي الأغنياء" وهي منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD)[26]. ووصل إجمالي إنفاق العالم كله على الأبحاث والتطوير في عام 2000 إلى 729 مليون دولار[27]. وهذا الرقم لا يظهر تماماً حجم الإنفاق على المعدات والاستثمارات الرأسمالية في القدرات العلمية، التي غالباً ما توضع لها موازنة خاصة منفصلة عن الأبحاث والتطوير، ولا يشمل أيضاً نشاطات مثل جمع البيانات أو حفظ العينات التي لا تعد "بحثاً نشطاً". وتسبب هذه النشاطات المرتبطة بالعلوم والتكنولوجيا زيادة في الإنفاق لا تقل عن 20 بالمئة فوق موازنات الأبحاث والتطوير[28]. وبذلك يمكننا القول إن الإنفاق العام العالمي على جميع النشاطات التي يمكن عدها ضمن اختصاص العلوم والتكنولوجيا بلغ تريليون دولار بحلول عام 2000.

لقد كان ظهور العلم الكبير مرتبطاً بصورة مباشرة بتزايد التقدير لإسهام العلم في الأمن الوطني عقب اندلاع الحربين العالميتين أثناء ثلاثة عقود. وكان لتجربة الحرب العالمية الثانية على وجه الخصوص، التي بلغت ذروتها في إلقاء القنبلتين الذريتين على هيروشيما وناغازاكي، أثر حاسم على اهتمام الدولة بدعم الأبحاث والتطوير في مجال العلوم والتكنولوجيا. ويشير "برايس" قائلاً: "كنا قلقين منذ الحرب العالمية الثانية بشأن أسئلة تتصل بالقوى البشرية العلمية والمؤلفات

العلمية والإنفاق الحكومي والقوة العسكرية على نحو يبدو مختلفاً تماماً عن جميع ما سبق، وليس ذلك الاختلاف في النطاق فقط"[29].

فـــضلاً على ذلك، أصبح من الواضح في السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية مباشــــرة أن العلوم والتكنولوجيا حفزت الإبداع والنمو الاقتصادي، حتى لو كان من الـــصعب اقـــتفاء أثر الروابط. ووُجد أن كثيراً من التكنولوجيات المهمة التي تطورت خـــلال الحرب (مثل الرادار والبنسلين والطاقة الذرية والحاسب الآلي) أصبحت ذات قيمة اقتصادية في السوق التجارية بعد الحرب. وشجعت هذه النتيجة على إقامة علاقة وثـــيقة بـــين الأوساط السياسية والمجتمعات العلمية. وكما يقول "فينيفار بوش"، وهو عـــالم فيـــزياء تـــرأس مختبر الأبحاث الرئيس التابع لوزارة الدفاع الأمريكية في سنوات الحرب، في مقال مؤثر له بعنوان "العلوم: حدود لا نهاية لها":

> أصـــبح ملايين الناس في عام 1939 موظفين في صناعات لم تكن موجودة حتى في نهايـــة الحـــرب الأخيـــرة: وما البث الإذاعي وتكييف الهواء والرايون(*) والألياف الـــصناعية الأخرى والصناعات البلاستيكية إلا أمثلة على منتجات هذه الصناعات. لكـــن هـــذه الأشياء لم تضع نهاية للتقدم، إنها ليست إلا البداية إذا كان لنا أن نستفيد اســـتفادة كاملة من مواردنا العلمية. يمكننا البدء بصناعات تحويلية جديدة، كما يمكن تعزيز كثير من الصناعات القديمة وتوسيعها على نحو كبير إذا واصلنا دراسة قوانين الطبيعة وتطبيق المعرفة الجديدة لغايات عملية[30].

ومع مرور الوقت، أصبح الاهتمام بهذه الاستخدامات العملية المحرك الأساسي للاستثمار في العلوم. لقد قال "جيكوب سمووكلر" في عام 1966:

> إن الطلب على العلوم (والهندسة بطبيعة الحال) مستمد إلى حد بعيد من الطلب على الـــسلع الاقتصادية التقليدية، ولطالما كان هذا حاله منذ زمن طويل. لكن هذه الفروع من العلوم والهندسة التي تمتعت بأكبر نمو في الأزمنة الحديثة وقدمت أكبر إسهامات فـــي التغيير التكنولوجي (الكهرباء والإلكترونيات والكيمياء والعلوم النووية) لم تكن لتـــسجل هـــذا النمو الكبير لولا التوقعات الكبيرة التي وضعت بشأن تطبيقات "مفيدة" لها، وهو ما تؤكده التجربة بنسبة متزايدة[31].

وكان من شأن الرغبتين المتلازمتين في إنشاء تكنولوجيا عسكرية وتكنولوجيا مدنـــية جديدة أن دفعتا الحكومات إلى الاضطلاع بدور قيادي في صياغة اتجاهات

(*) الرايون: الحرير الصناعي.

العلم ما بعد الحرب في الولايات المتحدة، وفي أوروبا واليابان بعد مدة وجيزة بعد أن تعافت هذه المناطق من الحرب. وظهرت وكالات فدرالية وإقليمية كبيرة لإدارة العلاقــة بين الأوساط السياسية والجمعيات العلمية[32]. وقامت مجموعة أخرى من الـبرامج الممـولة مـن القطاع العام بنشر نتائج العلوم من أجل تطبيقها في المجال الاقتصادي، وغالباً على المستويين الإقليمي والمحلي، وهذا ما يحملنا على التفكير في عوامل توسيع المجالات العلمية[33]. وفي اليابان، على سبيل المثال، شملت هذه البرامج مجمـوعة تـضم أكثر من ستين من مراكز كوهستسوشي (Kohsetsushi)، وهي معاهد بحثية تضطلع بمهمة جعل العلم متاحاً للصناعات المحلية.

يمكن النظر إلى نمو هذا النظام على أنه مجموعة من حلقات التغذية الراجعة بين المؤســسات والوظائــف. ومع تطور العلم، تكونت هذه الحلقات على نحو ساعد علــى تدفــق المعلومات بين الحكومة والصناعة والقطاعات البحثية في الجامعات. ويــصف "لويت ليديسدروف" و"هنري إتزكويتز" ذلك بأنه "حلزون ثلاثي" من الوظائــف المؤسسية المتفاعلة ضمن نظام الابتكار[34]، حيث تتطور المؤسسات في حجمهــا ونطاقها ووظيفتها مع تدفق المعلومات ضمن النظام. وقد سمحت التغذية الــراجعة بين القطاعات والتغييرات الناتجة في المؤسسات بتطور مشترك بين العلوم والتكنولوجيا ومؤسسات الدولة لتشكل كيانات تتبادل المنافع.

اســتطاع نمــوذج العلم الكبير أن يحقق نجاحاً باهراً في بناء القدرات العلمية ورعايــة الــنمو الاقتــصادي في عــدد قليل من البلدان الغنية. ويساعد ما قدمته الحكــومات مــن بــنى تحتــية ودعم مالي على نمو القطاعات القائمة على العلوم والتكنولوجيا وازدهارها. واستفادت التنمية الاقتصادية من هذه الاستثمارات، كما كان حال البعثات العامة في قطاع الطاقة والدفاع. لكن البلدان التي لم تكن قادرة علــى إقامــة هــذه الاستثمارات تأخرت عن الركب. وزادت نسبة دخل الفرد الــسنوي في البلدان الأكثر تطوراً مقارنة بالبلدان الأقل تطوراً من 10 حتى 29 من عام 1913 حتى السبعينيات من القرن المنصرم. ويعزو كثير من علماء الاقتصاد هذه الفجــوة الآخذة في الاتساع إلى عدم المساواة في الحصول على العلم[35]. ويبدو أن الاســتثمارات في نشاطات مثل التعليم والعلوم ذات أثر كبير على النمو يوازي أثر الاســتثمار الرأسمالي المادي، وذلك وفقاً لاقتصاديي البنك الدولي[36]. لذا، وعندما

أصبحت الاقتصادات معتمدة على المعرفة على نحو متزايد، بدأ فشل بعض البلدان أو عجزها عن الاستثمار في العلوم يكلفها ثمناً باهظاً.

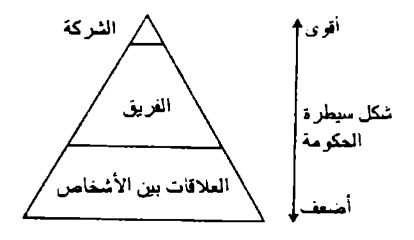
وتبقى اليوم آليات السياسات الوطنية للعلوم والتكنولوجيا الأجزاء الأكثر وضوحاً في النظام الذي ينتج العلم حول العالم. لكن استمرار بروز هذه الآليات يناقض التغييرات الهامة التي حدثت في تنظيم النشاط العلمي. فمنذ تسعينيات القرن المنصرم، تضاءل دور السياسات الوطنية في توجيه البحث العلمي إلى حد كبير بالرغم من تنامي تأثير الشبكات العالمية. وثمة عوامل متعددة تكمن وراء تنامي أثر الشبكات، بما فيها ازدياد القدرات العلمية في العالم، وتحسن إمكانية الحصول على تكنولوجيات الاتصال، وتضاؤل تكاليف السفر. ويبدو أن العامل الأهم يقع ضمن إطار الشبكة الاجتماعية.

بدأ الانتقال من النظم الوطنية إلى العلم التشبيكي (networked science) يمهد في الوقت نفسه لظهور عدد من الحوادث الزلزالية الأخرى: نهاية الحرب الباردة وظهور أوروبا الموحدة، والارتفاع الهائل في حجم الاتصالات الإلكترونية والرقمية وعولمة الأعمال. وقد أسهمت هذه التطورات كلها في الشعور بأن العالم يتغير بطرق أساسية، أي أنه كان يتحول ليصبح مسطحاً، على لسان "توماس فريدمان"، بالرغم من أن العالم اليوم بعيد عن أن يكون مسطحاً عندما يتعلق الأمر بتوزيع النشاط العلمي. تبدو طوبوغرافية العلم أكثر شبهاً بسلسلة من قمم الجبال القائمة فوق سطح منبسط، لكن توزيع القدرة على تحصيل المعرفة والإسهام فيها وجني ثمارها أصبح يتم اليوم على نطاق أوسع من ذي قبل. إلا أن توزيع القدرة على الارتباط بالعلوم لا يزال بعيداً عن العدل إذ نما في البلدان التي أسهمت في تكوين نواة العلوم على نحو أسرع كثيراً من البلدان الواقعة على المحيط. لكن نشوء الشبكات فتح هيكلية العلم فأحدث فرصاً جديدة أكثر وضوحاً للأمم الفقيرة من أجل المشاركة في هذا النظام. وبدلاً من اتباع أسلوب القرن العشرين في محاولة تكرار تجربة نظم الإبداع الوطنية في الولايات المتحدة أو أوروبا أو اليابان، وهي مشروعات مكلفة وغير مثمرة غالباً، ينبغي على واضعي السياسات في البلدان النامية أن يركزوا على فهم القوى التي تحفز شبكات المعرفة الناشئة ذاتية التنظيم. ويمكنهم اعتماداً على هذا الفهم أن يضعوا استراتيجيات فاعلة ومجدية لتشجيع عضويتهم في الكلية الخفية في مجال العلوم.

ما هي الأكاديمية العالمية الخفية؟

تتألف الكلية الخفية من الأشخاص والاتصالات التي تكوّن العلوم العالمية. ومن المهم أن نفهم أنواع الاتصالات التي تؤلف الكلية الخفية. فالشركات التي تمثل قلب الشبكة تقع ضمن ثلاثة أنواع عامة، كما يبين الشكل 2-1. وتعدّ مشروعات العلوم الكبرى مثل "محطة الفضاء الدولية" أو "المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية" (CERN) غيضاً من فيض في ناحيتين: فهي بين أشكال التعاون الأكثر وضوحاً وهي نادرة نسبياً. وعادة ما تكون الغاية من إنشاء هذه الشركات، التي يسميها "ديفيد سميث" و"كاتز كول" "اتحاد" (corporate) (بمعنى "رسمي")، هي تحقيق هدف محدد[37]. وتمثل هذه النشاطات التي عادة ما تكون مكلفة جداً وتجرى على المدى الطويل، نسبة مئوية صغيرة من جميع المساعي العلمية الدولية إذا نظرنا إليها من حيث الإنفاق العام. وعلى سبيل المثال بلغت نسبة الإنفاق على مشروعات العلوم الكبرى وفق تقييم وضعه "مكتب التقييم التكنولوجي" التابع للكونغرس الأمريكي (OTA) في دراسة لعام 1995 ضمن موازنة الأبحاث الأمريكية العامة، نحو 10 بالمئة من "الموازنة الفدرالية للأبحاث والتطوير" (الدفاعية وغير الدفاعية) في أواخر الثمانينيات وبداية التسعينيات[38].

يجري الكثير من مشروعات العلوم الكبرى في مرافق مركزية وهي تتطلب معدات عالية التخصص. وتميل التكاليف الرأسمالية لهذه المشروعات لتكون مرتفعة جداً، فهي تتطلب تمويلاً وطنياً ودولياً واسع النطاق. وعادة ما يقوم مسؤولو الحكومة بالتخطيط لهذه المرافق في نقاش مع العلماء ويغرقون في استثمارات ضخمة من أجل إنشائها قبل الشروع في أي عمل بحثي. لذلك يمكن أن يعدّ تنظيم هذه النشاطات "متجهاً من القمة إلى القاعدة" (مركزياً).



الشكل 2-1. أشكال التعاون العلمي الدولي

وبالمقابل، نرى أن المشروعات البحثية التي تكوّن قاعدة الهرم "متجهة من القاعدة إلى القمة"، تعني أن الأفراد هم الذين يدفعونها وينظمونها. فمثلاً، يمكن أن يكوّن اثنان أو أكثر من الباحثين من مؤسسات مختلفة فريقاً لكتابة مقالة أو عقد ورشة عمل أو إنشاء قاعدة بيانات أو تدريب أحد الزملاء بعد نيله شهادة الدكتوراه. وعادة ما يكون الهدف في كل حالة حل مشكلة أو معالجة مسألة بحثية عبر تشارك قدرات متكاملة. وليس على المشاركين أن يمضوا كامل وقتهم أو معظمه أو حتى أي جزء منه في المكان ذاته، وليس من الضروري أيضاً أن يأخذ مشروع واحد كامل اهتمامهم. وغالباً ما تكون هذه المشروعات قصيرة ممتدة من سنة واحدة إلى سنتين، ويقوم كل شريك بتمويل جانبه من الشركة. وتمثل أشكال التعاون هذه بين الأشخاص الغالبية العظمى بين نشاطات التعاون الدولية.

ويلاحظ أن حالات التعاون الشخصي أقل وضوحاً من الأشكال الأخرى في العلوم العالمية. لأن الجهات الممولة لا تتمتع برقابة كبيرة على كيفية إنفاق هذه الأموال على مستوى المشروع، بل إن رقابتها تكون أقل على المشاركين في البحث. ورغم السهولة النسبية لتعقب الأموال التي تذهب إلى مشروعات العلوم الكبرى مثل "محطة الفضاء الدولية"، إلا أنه من الأصعب بكثير تعقب الإنفاق على مئات من حالات التعاون غير الرسمي في ميادين مثل علوم التربة. في هذه الحالات ينشأ التعاون من متطلبات البحث ويتم اختياره على أنه الطريقة المفضلة في إجراء الأبحاث لأنه يسهم بصورة مباشرة في حل المشكلات. ويقوم الباحثون أنفسهم بإقامة روابط تعاون عبر شبكات مهنية. وتمثل هذه الروابط القاعدة الخفية التي يقوم عليها غالبية المجتمع العلمي العالمي.

يقع "تعاون الفرق" بين قمة الهرم وقاعدته، وهو يشمل المشروعات غير الرسمية بما فيها استخدام الموارد على نحو جماعي. وعادة ما يمنح التمويل في هذه الحالات إلى "باحث" رئيس يتمتع بحرية التصرف في إنفاق الأموال على المشاركين الآخرين في المشروع. وهكذا فإن تعاون الفريق ينطوي على تنظيم أكثر مركزية من الشراكات بين الأشخاص، لكنها لا تقترب من حجم مشروعات العلوم الكبرى، ونتيجة لذلك، جزئياً على الأقل، فإن مسؤولي الحكومة أو ممثلي

المؤسسات الأخرى يلعبون دوراً أقل وضوحاً بكثير في توجيه هذه النشاطات أو تنظيمها.

ولتحقيق المزيد من الثبات في النشاطات التي تكوّن الكلية الخفية، يمكننا أيضاً أن نقارن طريقة تنظيم البحث (سواء كانت من القمة إلى القاعدة أو من القاعدة إلى القمة) في مقابل طريق إجرائه وموقعه المعتاد (مركزياً أو موزعاً). ينبغي أن تتم النشاطات البحثية المركزية في موقع محدد، وغالباً ما يكون السبب في ذلك هو أنها تتطلب الوصول إلى موارد بعينها أو إلى مرافق مؤسسة محددة. أما نشاطات البحث الموزعة فيمكن أن تتم من حيث الأساس في أي مكان وفي كل مكان في آن واحد بوجود قائد أو قادة للمشروع يقسمون مهمات البحث بين مجموعة كبيرة مع نية دمج النتائج في مرحلة لاحقة. وتنشأ أربعة أنواع من الأبحاث عن هذه الفئة:

- عادة ما تكون مشروعات **العلوم الكبرى** أمثلة معروفة وواضحة جداً على الأبحاث "الثقيلة"، مثل "محطة الفضاء الدولية" أو "مرفق هاردن لتصادم الجزيئات الضخمة" متعدد الجنسيات وهو مرفق دولي لأبحاث الاندماج النووي في سويسرا. تتسم هذه النشاطات بدرجة عالية من المركزية، ويتم تنظيمها من القمة إلى القاعدة، وهي تركز في أغلب الأحيان على هدف بحثي محدد[39]. وغالباً ما يتفاوض مسؤولو الحكومة في شأن الإسهامات المالية والبعثات لمصلحة مشروعات العلوم الكبرى التي من المرجح أن تخدم بالنتيجة كلاً من المصالح السياسية والعلمية.

- تتطلب **النشاطات الجيوتكنيكية** تقاسم الموارد في مكان محدد، حيث يسافر الباحثون إلى هذه المناطق أو يقومون بإرسال البيانات لتحليلها في ظروف فريدة من نوعها. فمثلاً، تتشارك كثير من الحكومات المختلفة والوكالات البحثية استخدام "مركز الأبحاث الدولي" في القطب الجنوبي. ولأنه لا يمكن أن تظهر ظروف الغابات المطرية في أوروبا، ينبغي على الباحثين أن يسافروا إلى الغابات لإجراء تجارهم. تتسم المشروعات الجيوتكنيكية بمركزيتها، إذ يتم تنظيم النشاطات ضمن هيكلية شركة اتحاد أو (corporate) في مكان محدد حيث يمكن للمدير أن يتولى تنسيقها، لكنها تتسم أيضاً بسمات من القاعدة إلى القمة لأن العلماء يتخذون القرار في ما يتصل بالمشروعات كلاً على حدة.

- يتم تخطيط المشروعات **الموزعة** من القمة إلى القاعدة لكنها تنفذ في عدة أماكن. لكن صعوبة تحديد هذه المشروعات البحثية الموزعة تزداد ولذلك يكون من الصعب إدارتها. ومن أمثلتها "مشروع الجينوم البشري" الذي شمل ستة بلدان وعشرات المختبرات في مشروع بحثي على درجة عالية من التوزيع. وتولى فريق قيادة تخطيط هذا المشروع، لكنه نفذ على يد كثير من الأشخاص في أنحاء العالم. تميل ديناميات المشروعات الموزعة لأن تشبه نظيراتها في شبكات العمل، حيث قد لا يوجد قائد واضح للمشروع، وتكون العضوية طوعية، ويمكن مشاركة نتائج المشروعات وتوزيعها على نطاق واسع. (قام المشاركون في مشروع الجينوم البشري بنشر نتائج الأبحاث على الإنترنت في نهاية كل يوم).

- تتم المشروعات **المنسقة** بمبادرة من العلماء في عدة مناطق ومختبرات موزعة على نطاق واسع. ويمثل "المرفق العالمي لمعلومات التنوع البشري" (The Global Biodiversity Information Facility) مثالاً على نشاط بحثي من القاعدة إلى القمة على درجة عالية من التوزيع. وهو يشمل عشرات البلدان ومدخلات من مئات الباحثين ضمن بحث يجري على درجة عالية من التوزيع ومشروع لتطوير قاعدة البيانات. ويجمع الموقع الإلكتروني للمرفق هذه النشاطات الموزعة ويتم عرض نتائجه مجاناً على الإنترنت[40].

وإذا تناولنا مبدأ التعاون الموزع في مجال أوسع، يتبين لنا أنه لا توجد نقطة مركزية لتنسيق بعض الميادين البحثية، مثل ميدان الزلازل. فالباحثون يتشاركون البيانات والمعلومات في المؤتمرات ومع العلماء الآخرين المهتمين بأعمالهم. وتتسم النشاطات الدولية في هذه التخصصات بأكبر درجة من التشبيك وأقل درجة من التنظيم.

تتحول جميع الأبحاث اليوم لتصبح أكثر ترابطاً وتعاوناً وتشبيكاً[41]. ومع ذلك، فإن بحثي يبين أن نمو النشاطات الموزعة يبدو أسرع من المشروعات المركزية، وذلك كنسبة من جميع عمليات التقصي التعاونية. وتمثل هذه النشاطات المنسقة والتعاونية بوجه خاص تحديات كبيرة أمام واضعي السياسات: إذا تم توزيع البحث جغرافياً، فكيف يمكن دمج المعرفة في كلٍّ مفيد؟ كيف يمكن جعلها متاحة

علــى المستوى المحلي؟ هل يمكن تقسيم المهام والموارد بصورة فاعلة ومفيدة لجميع الأطراف؟ هذه بعض المسائل التي يبحثها هذا الكتاب.

من هي الجهة التي تمول الأكاديمية العالمية الخفية؟

يــبين الجــدول 2-1 مختلف مصادر التمويل للتعاون العلمي العالمي. تلتزم الحكومات بمبالغ مالية أكبر من المصادر الخاصة، سواء كانت مخصصات مباشرة أو غير مباشرة. ويبدو أن مجموعات القطاع الخاص تدعم التعاون الدولي بدرجة متــزايدة، لكــن تعقــب التــزاماتها المالية أكثر صعوبة لأنها غير مسؤولة أمام دافعي الضرائب. بينما يمكن دراسة بعض جوانب استثمارات القطاع الخاص في الــتعاون الــدولي في عدد متزايد من التحالفات المسجلة أو المعلنة بين شركات الأبحاث[42].

تعــد الحكومات الوطنية مصدراً كبيراً ومؤثراً لتمويل العلوم العالمية، لكن ثمة فارقــاً مهماً بين الإنفاق المخصص والفعلي من جانب الحكومات. إن الحكومات تقدم المال بغرض تمويل العلوم الدولية في حالات قليلة جداً، لكنها تمول العلوم من أجــل تعزيــز الأهداف الوطنية، وهو أمر متوقع بالنظر إلى أنها تنفق أموال دافعي الضرائب في البلد المعني. وقد تكون هذه الأهداف واضحة ومباشرة، مثل تشجيع الطاقة الشمسية، أو ضمنية وغير مباشرة، مثل دعم مجموعة المعارف اللازمة للنمو الاقتصادي. وبالنظر إلى تركيز الحكومات على الأولويات الوطنية ومسؤوليتها أمام الــشعب، يــبدو أنه ليست لديها رغبة في تخصيص موازنات للتعاون الدولي ما لم تكــن قادرة على القول بأنها سوف تكسبها كفاءات واضحة. وربما كان التمويل الواضــح للــتعاون الدولي يشكل نسبة بين 5 و15 بالمئة من جميع الأموال الوطنية المخصــصة للأبحــاث والتطوير في البلدان المتقدمة علمياً[43]. وعادة ما تكون هذه الأمــوال مخصصة لمشروعات في العلوم الكبرى أو لمؤسسات دولية، مثل "برنامج علم الحدود البشرية" (Human Frontier Science Program) الذي يكرس معظم موازنته للتعاون الدولي في الأبحاث الأساسية في مجال علوم الحياة[44].

الجدول 2-1. مصادر التمويل لأبحاث التعاون الدولي

مصدر التمويل	مثال	هدف المهمة
جهات ومؤسسات حكومية، جامعات عامة، برامج خاصة	مؤسسة العلوم الوطنية، معهد فرونهوفر، (CNRS)، المعهد السويدي للمساعدة الإنمائية.	الدفاع الوطني، العلاقات الخارجية، بناء القدرات، تشجيع الإبداع.
هيئات شبه حكومية	البنك الدولي (CGIAR)؛ منظمة الصحة العالمية؛ حلف شمال الأطلسي.	بناء القدرات، التخفيف من حدة الفقر، الصحة العامة؛ الإنتاج الغذائي.
منظمات غير حكومية	مؤسسة روكفيلر	بناء القدرات، التخفيف من حدة الفقر، الصحة العامة؛ الإنتاج الغذائي.
شركات خاصة	شركة نظم سيسكو، شركة آي بـي إم، شركة سيمنس.	الإبداع، الوصول إلى الأسواق، تقليل التكاليف.

(CGIAR) - المجموعة الاستشارية الدولية للأبحاث الزراعية (Consultative Group on International Agricultural Research)، (CNRS) - المركز الوطني للأبحاث العلمية (Centre National de la Recherche Scientifique).

يمكـــن للمنظمات الدولية، بما فيها منظمات ليست ذات تركيز علمي واضح مثل "حلف شمال الأطلسي"، أن تخصص نسبة أكبر من مواردها للنشاطات البحثية الدولــية. (وتتم هذه العملية في حالة حلف شمال الأطلسي عبر "برنامج للعلوم من أجـــل السلام والأمن" التابع له). لكن كمية الإنفاق الإجمالي من جانب الوكالات الدولية منخفضة جداً مقارنة بإنفاق الحكومات والشركات. وتلتزم المنظمات غير الحكومية بمبالغ كبيرة لمصلحة مشروعات تتصل بالعلوم والتكنولوجيا، لكنها غالباً مـــا تكـــون خاصـــة جداً بمهمة محددة (مثل أبحاث المحاصيل أو تطوير لقاح ضد الملاريـــا) ولا تـــستهدف دائماً التعاون الدولي صراحة. وبهذه الطريقة، سرعان ما تـــستنفذ الشريحة الرقيقة المخصصة لموازنة النشاطات العلمية، لكن هذا ليس سوى بداية القصة.

فالـــوكالات أيـــضاً تمـــول هذا التنظيم التعاوني وتؤثر فيه عن غير قصد عبر الاشـــتراك في مشروعات لا يشكل فيها التعاون الدولي جزءاً من الهدف، بل مجرد وسيلة لتحقيق الغاية. أما تعاون الفريق، على سبيل المثال، فهو عادة يلقى التمويل

لا لأنــه تعاون دولي؛ بل لأنه يمثل علماً جيداً. وتقع ضمن هذه الفئة المشروعات الــتي تــنفذ برعاية "المجموعة الاستشارية الدولية للأبحاث الزراعية"، وهي مجموعة حكومــية دولية يحتضنها البنك الدولي، وكذلك كثير من المشروعات الممولة عبر الهيــئات الحكومــية مثل "قوات الأمن الوطني الأمريكية" و"وزارة التعليم والعلوم والثقافة اليابانية". وبالمثل، فإن التعاون بين الأشخاص غالباً ما يعتمد على التمويل الحكومــي حيث إن الباحث يتقدم بطلب منحة لبحثه أو الموافقة عليه، بالرغم من أنه قد لا يكون بحثاً متوقعاً.

وبــذلك فــإن أي جهد لإحصاء الأموال المخصصة للتعاون الدولي في مجال العلوم يكون مضللاً إلى حد بعيد، إذ تبلغ أموال العلوم الكبرى نسبة صغيرة من أي مــوازنة عامة، ومن المفارقات أنها غالباً ما تمول العلوم الوطنية. وعلى العكس من ذلك، فإن تمويل العلوم الوطنية غالباً ما يمول مجموعة كاملة من التعاون الدولي غير مــرئية بالنــسبة لقــراء الموازنات. ولا يمكن وضع تقديرات أرقام الإنفاق العام المخصــصة للعلوم العالمية اعتماداً على الموازنات. وعلينا لفهم تمويل هذه العلوم أن نــدرس مجمــوعة مخــتلفة تماماً من المؤشرات، وهي موضوع الفصل الثالث من الكتاب.

ما الجديد حول الأكاديمية العالمية الخفية؟

بــأي معــنى يكون كل هذا جديداً؟ فلطالما تعاون الباحثون على الدوام من مخــتلف الجنــسيات. ولطالما قدمت الحكومات الدعم لهذه المساعي، سواء كانت لتــشجيع أهــداف السياسات العلمية أو الأجنبية أو كليهما. لننظر في "مشروع مانهاتن"، الذي ربما كان مشروع العلوم الكبرى الحاسم في القرن العشرين. حيث كدح المهاجرون من أوروبا التي مزقتها الحرب، مثل "هانس بيث" و"إدوارد تيلر"، جنــباً إلى جــنب مــع العلمــاء الأمريكان وعملوا معزولين في لوس ألاموس في نيومكسيكو لبناء أول قنبلة ذرية في العالم.

تتواصــل الــيوم عمليات التعاون الدولي هذه بتوجيه من الحكومات. لكن الجديد حول الأكاديمية العالمية الخفية هو أنها تغير ميزان القوى بين العلوم "الدولية" و"العالمــية" وهــو نتاج تدفق الاتصالات إلى ما وراء الحدود. وبالرغم من التشابه

السطحي، إلا أن مفهومي العلوم الدولية والعلوم العالمية مختلفان تماماً. فالعلوم الدولية تصف نشاطات يعمل فيها الأشخاص في أكثر من بلد واحد أو يتلقون ما يلزمهم من معدات وأموال من عدة بلدان، أو كليهما. ويدل المصطلح ضمنياً على أن التعاون يحدث على نحو أساسي بين الدول القومية وأن مجموعات الباحثين من هذه الأمم تعمل معاً بدعم وتوجيه من حكوماتها. وقد تميز العلم في القرن العشرين بهذا النهج الذي يتلازم مع إيديولوجية القومية العلمية، وليس ذلك بالمستغرب في حقبة هيمنت فيها مشروعات العلوم الكبرى على أجندة التعاون الدولي وقدمت المعاهدات السياسية وعوداً بالدخول في عمليات تعاون دولي.

وبالمقابل، فإن العلوم العالمية تصف نشاطات يتمتع فيها الباحثون بحرية الانضمام إلى "قوات" تتصدى للمشكلات المشتركة، بغض النظر عن مكانها الجغرافي. ولا يرجع نمو هذه العلوم إلى ترويج الأمم لها، بل لأنها تخدم احتياجات أولئك العاملين ضمن النظام الذي يُحدث المعرفة. وهو بهذه الطريقة يشترك ببعض السمات مع عولمة الأعمال التي تتجاوز أيضاً مصالح الدولة القومية. لكن الاحتياجات المالية ليست هي الدافع الأساسي وراء نمو العلوم العالمية، بخلاف الأعمال، بل الكلية الخفية مدفوعة باحتياجات المجتمع الذي يُحدث المعرفة، وهذا بدوره مدفوع بالرغبة في القيام بأبحاث أصلية ومبتكرة. نناقش في الفصل التالي هذه الدوافع بعمق أكبر ونبين كيف تؤدي إلى نمو الكلية الخفية من حيث المعدل والاتجاه.

الفصل الثالث

العلم التشبيكي (Networked Science)

إنـــه لمـــن المفاجئ أن هذا القانون السهل متبع بدقة شديدة وأن المرء لا بد أن يجد التوزيع ذاته للإنتاجية العلمية في المنشورات الأولى للجمعية الملكية كما في البيانات التـــي تـــتحدث عن المستخلصات الكيميائية في القرن العشرين... ينبئنا هذا الانتظام شيئاً عن النقاط التي سجلناها.

ديريك دي سولا برايس، *العلم الصغير، العلم الكبير*
(مطبعة جامعة كولومبيا، 1963)، ص 43

مـــن الممكـــن تحديـــد القوى المسؤولة عن ظهور الأكاديمية العالمية الخفية وتفعيلها من أجل تحسين إنتاجية النشاط العلمي وتوزيعه. يتناول هذا الفصل هذه المهمـــة مستفيداً من الأعمال التي أنجزت أخيراً في عدد من التخصصات، بما فيها العلـــوم الـــسياسية وعلـــم الاجتماع والرياضيات وعلوم الكمبيوتر. ويمكن أن تكـــشف الطـــرائق الجديـــدة في دراسة القوى المحركة للنظم الاجتماعية، إذا ما جمعـــناها معاً، عن هيكلية الشبكة العالمية، التي ربما بدت بدورها تتبع احتماليات رياضية و"قوانين" اجتماعية يمكن توقعها. لكن المفاهيم الأساسية التي تكمن وراء إعـــادة تنظـــيم العلـــوم ليـــست جديـــدة، مثل الكلية الخفية ذاتها. صحيح أن أصـــحاب المهـــارات في القـــرن السابع عشر قد يقفون حائرين أمام الإنجازات الـــتي أتاحتها علوم الكمبيوتر (أو أوحت بها) في ميادين مثل نظرية النظم ونظرية التعقيد (complexity theory) والسبرانية (cybernetics)، لكن من البديهي أنهم أدركـــوا أهمـــية فهـــم النظام المعقد في كل كامل لا يقبل الاختزال. والواقع أن أحـــد الأعمـــال الأولى بتكلـــيف من جمعية لندن الملكية يركز على هذه النقطة بالذات.

رؤية الغابة والأشجار

قـــدمت البحرية الملكية طلباً رسمياً إلى الجمعية الملكية من أجل إجراء دراسة علمـــية. وكان هذا الطلب من أول الطلبات الرسمية الموجهة إلى الجمعية في بداية نـــشأتها. ورغم أن الجمعية الملكية كانت تضم أشخاصاً درسوا علوم "السماوات" (Heavens)، وهـــو موضـــوع ربما كان سيحظى باهتمام البحرية، إلا أن طلب البحـــرية الملكية كان بخصوص الأشجار. لقد كان مندوبو البحرية الملكية مهتمين بتوفـــر الخـــشب، إذ كانـــت سفينة الشحن المسلحة الواحدة تتطلب حتى 3800 شـــجرة، وهو ما يساوي نحو 75 أكراً من الغابات. وكان الخشب مصدراً طبيعياً مهمـــاً آخذاً في التقلص في إنكلترا في القرن السابع عشر، وكانت المعلومات عن إنعـــاش الغابات واستدامتها تعد مهمة للأمن القومي. وأصبح قطع أشجار الغابات مشكلة كبيرة لها مستتبعات اجتماعية تتجاوز كثيراً اهتمامات البحرية الملكية.

أوكلت مهمة دراسة إدارة الأشجار والغابات إلى أحد زملاء الجمعية الملكية الـــبارع في علـــم البستنة وهو السيد "جون إفلين". وبالاستفادة من السنوات التي قـــضاها في بحـــثه كـــونه من أصحاب الأراضي، أنتج الرجل خلاصة وافية حول الأشـــجار الأصلية تضم معلومات مفصلة وشاملة جعلته يسميها منذ ذلك الوقت وحـــتى يومـــنا هذا "سيلفا" على اسم كتابه: *سيلفا، أو بحث عن أشجار الغابات وتوفير الأخشاب*. ويمثل *سيلفا* الذي نشر عام 1664 واحداً من الكتب الأولى التي وضعت بتكليف من "ويليام فيسكونت برونكر" أول رئيس للجمعية الملكية.

لقـــد كـــان جميع الرعايا البريطانيين في القرن السابع عشر يعرفون أن شجرة الـــبلوط تـــنمو مـــن بذرة البلوط، إذاً ما سبب التكليف بإجراء دراسة عن هذا الموضـــوع؟ لم تكن المشكلة في معرفة كيفية إنبات الشجرة، بل في فهم التفاعلات بـــين مختلف النباتات والأشجار والأجزاء الأخرى من البيئة. فهذه التفاعلات تقرر صـــحة كل شجرة وعافية الغابة كلها. وكان إفلين على علم بذلك بفضل حدسه وذلـــك مـــن سنوات دراسته المنهجية للزراعة. فنراه في *سيلفا* يتناول الغابة كنظام بيئـــي دون أن يستخدم هذا المصطلح الذي لم يكن قد اعتمد حتى القرن العشرين، ويصف مكونات النظام (التربة والمياه والنباتات والحيوانات) والنظام الناشئ الذي كانـــت جـــزءاً مـــنه (الغابـــة)، كما يبين طريقة ارتباط هذه المكونات الفيزيائية

والبيولوجـــية في ما بينها وكيفية تفاعلها مع بيئة تفاعلاً يتضمن خصائص تعاونية وتنافسية.

وباختـــصار، فـــإن *سيلفا* يؤكد أن الغابة نظام تكيفي معقد. وهو معقد لأنه مؤلـــف مـــن العديـــد من العناصر المتفاعلة المختلفة، وتكيفي لأنه يمكن أن يتغير اســـتجابة للتغييرات الحاصلة في البيئة، بما فيها التغييرات في أي من الأجزاء المكونة له. ويعد نظاماً لأنه يتألف من مجموعة من الكائنات المنظمة التي تكوّن في مجموعها كـــياناً مميزاً. ومثل معظم النظم التكيفية المعقدة، فإن الغابة هي أيضاً منفتحة حيث يمكـــن لعناصر جديدة أن تتحرك عبر حدودها وأن تصبح مندمجة في النظام، ويمكن لعناصـــر موجودة أن تخرج منها دون أن تؤدي إلى تدهور النظام. وربما كان الأمر الأكثر أهمية في موضوعنا هو أن الغابة نظام *ناشئ*.

يـــتخذ النظام الناشئ شكله من تلقاء نفسه، ولا يجري التخطيط له أو إنشاؤه بمـــوجب قانـــون أو قرار، ولا يتم تنظيم هذه النظم من قبل حكومة أو شركة أو بموجب مخطط. بل يتشكل النظام الناشئ ككلٍّ يتعذر اختزاله، عند تنظيمه كوحدة مميزة، ويتجاوز في شكله ووظيفته شكل ووظيفة مجموع أجزائه. فإذا ما مزجنا معاً العناصر التي تشكل الشجرة، على سبيل المثال، وهي الماء والغازات والمواد المعدنية وغيرهـــا، فإنـــنا لـــن نحصل على الشجرة بالتمني أو الانتظار أو الأمل، فما بالك بالغابة؟ إذ لا يمكن إنشاء الشجرة من مكوناتها الأساسية، ولا يمكن أن تبقى شجرة إذا اختزلناها إلى هذه الأجزاء. ينطبق هذا المثال على الكلية الخفية.

الكلية الخفية كنظام تكيفي معقد

تمـــثل الكلية الخفية نظاماً تكيفياً معقداً، مثلها مثل الغابة. ويرجع تعقيدها إلى أنها تضم ملايين الباحثين من مختلف أنحاء العالم يتفاعلون بأشكال تنافسية وتعاونية على حد سواء دون أن يكون لهم اتجاه عام محدد. وترجع صفة التكيفية إلى أن كلاً من الكلية والباحثين الذين يكوّنونها يستجيبون إلى الظروف البيئية المتغيرة مثل تغير أولويات المؤسسات المقدمة للمنح أو الاكتشافات الجديدة. وكما يشير "روبروت أكـــسيلرود" فـــإن هذا التكيف: "قد يكون على مستوى فردي عبر التعلم، أو قد يكـــون علـــى مستوى الأشخاص عبر عملية البقاء والتكاثر التفاضلية عند الأفراد

الأكثر نجاحاً"[1]. وبتعبير آخر، قد يختار العلماء كأفراد متابعة مسائل جديدة، أو قد يصل في نهاية المطاف أولئك الذين ينجحون في ظل الظروف الجديدة وقد دربوا عدداً أكبر بكثير من الطلاب الأكثر موهبة الذين يتابعون أعمالهم.

لا شك في أن الكلية الخفية نظام يضم مجموعة من الأفراد والمؤسسات المكرسة للسعي المشترك وراء المعرفة العلمية. وهي مفتوحة: يستطيع العلماء أن ينتقلوا من مجال إلى آخر أو أن يفتحوا مجالات جديدة كلياً للدراسة. ويقدم تطور الكيمياء الحيوية في بداية القرن العشرين مثالاً على هذا. فقد وجدت الكيمياء وعلم الأحياء كمجالين منفصلين أرضية مشتركة بنسبة متزايدة لدمج الموضوعات والأهداف البحثية. ومع ازدياد تعقد تفاعلاتها وتحولها لتصبح ذات طابع مؤسسي، برزت الكيمياء الحيوية كفرع ثانوي جديد. ويرى الباحثون اليوم أن الكيمياء الحيوية هي الفرع الأكثر اتصالاً بالفروع الأخرى بين جميع الميادين العلمية[2]. ويمر اليوم علم العناصر متناهية الصغر (nanoscience) بعملية مماثلة كفرع ثانوي حديث الوجود. ورغم أنه لم يعرف بعد على نحو كامل، إلا أنه يمثل اندماجاً واتحاداً بين الفيزياء والكيمياء وعلم المواد وعلم الأحياء[3].

وأخيراً، وكما يشير ظهور مجالات جديدة، فقد أصبح وجود الكلية الخفية أمراً ملحاً. ولا وجود لهيئة مركزية تملي عليها تنظيمها ونموها، بل يتحدد اتجاهها بالتفاعلات بين كل من العلماء الذين يتواصلون في ما بينهم لتبادل النتائج التي يتوصلون إليها والتفكير ملياً بها، وإنشاء الشركات عند الحاجة وتغيير المسار استجابة للفرص والمعوقات الجديدة، ويقررون مجتمعين شكل النشاط العلمي وكيفية تطور المعرفة عبر تحديد نوع البحث المراد متابعته واختيار الأشخاص للعمل معهم وتحديد زمان إجراء ذلك البحث ومكانه وكيفيته.

لكن لماذا نصف الكلية الخفية بأنها مسألة نظام تكيفي معقد؟ للسبب البسيط الآتي: فقد وجد علماء الفيزياء طرقاً تقيس ديناميات هذه النظم وتتوقع طريقة تطورها، بصورة احتمالية على الأقل. ورغم أن النشاط ضمن الكلية الخفية موجه ذاتياً إلى حد كبير، إلا أنه ليس عشوائياً، بل يتبع أنماطاً وقواعد محددة. وبكشف هذه الأنماط والقواعد، لا يمكننا أن نفهم كيفية عمل الكلية الخفية فحسب، بل أيضاً كيفية تأثير واضعي السياسات في تطورها ونموها وكيفية توزيع منافعها.

الخطـــوة الأولى باتجاه تحقيق هذه الغاية هي الاعتراف بأن الكلية الخفية نوع خـــاص مـــن النظم التكيفية المعقدة، "شبكة ذات مقياس حر". ولفهم معنى ذلك، عليـــنا أن نتحرى ثلاثة أسئلة: ما هي الشبكة؟ ما هي الشبكة ذات المقياس الحر؟ وكيف تعمل هذه الشبكات؟

ما هي الشبكة؟

الـــشبكة طـــريقة اصطلاحية لوصف أي مجموعة من العلاقات المتشابكة بين الأشياء أو الأطراف الفاعلة. ويتم إنشاء الشبكات من مكونات قائمة بذاتها لكنها يمكن أن تكون مترابطة. لنأخذ أجزاء شبكة النقل، مثل المطارات وطرق الحافلات والطـــرق السريعة، فكل منها نظام فرعي من نظام النقل الكبير، ويمكن أن يكون كـــل منها قائماً بذاته، ويمكن دمج الأنماط الثلاثة على نحو يوفر كفاءات وقدرات جديـــدة. وبالمـــثل، يمكـــن أن تكـــون المجموعات البحثية والميادين التخصصية والمؤسسات قائمة بذاتها ضمن الكلية الخفية، لكنها يمكن أن تعزز قيمتها على نحو كبير إذا ما أنشأت روابط مع عناصر النظام الأخرى.

تتمـــتع الكلـــية الخفية بسمة إضافية تميزها عن شبكة النقل أو شبكات البنية التحتـــية الأخـــرى: فهي تنمو وحدها بعيداً عن اهتمام أعضائها بالتواصل في ما بيـــنهم. وبتعبير آخر نقول إنها نظام ناشئ. يمكن تعقب هذه الروابط عبر تفحص الأعمال المنشورة التي يقدمونها في نهاية المطاف.

وتعتـــبر الكلية الخفية ملائمة على نحو خاص للدراسة كشبكة اجتماعية لأنها تقـــدم قدراً هائلاً من البيانات حول العلاقات التي ترعاها. ومن الممكن مثلاً جمع أسمـــاء العلماء المشاركين في مشروعات محددة أو العاملين في مؤسسات معينة ومن ثم تعقـــب الروابط بينهم[4]. ويعترف مؤلفو الكتب العلمية عادة بالقيم الفكرية الـــتي يدينون بها للباحثين الآخرين عبر الاستشهاد بأقوالهم أو الإشارة إليهم أو التـــنويه بفضلهم خطياً[5]. ويمكن جمع أدلة أخرى على أنماط المشاركة في وضع المـــؤلفات، بما فيها مدى التعاون بين العلماء والباحثين في ميادين ومؤسسات وبلـــدان أخـــرى. تساعد هذه البيانات في الكشف عن شبكات معرفية تكوّن دعماً للأعمال المنشورة.

تنشأ الكلية الخفية من قرارات حريصة ومتأنية من جانب الباحثين للمشاركة في المـــوارد، وخاصة عندما يتضمن التعاون التزاماً على المدى البعيد. ويلاحظ أن الأفراد يحسبون التكاليف والمنافع عند اتخاذ مثل هذه القرارات. لكن تكاليف إنشاء شركة بحثية قد تكون مرتفعة، وقد يتطلب المشروع تكاليف زمنية ومالية (والكلفة الـــزمنية للفرصـــة والمبالغ المالية المخصصة للبحث التي يمكن إنفاقها على مشروع آخر). فضلاً عن ذلك، فإن التعاون يتطلب من الباحثين أن يتخلوا عن بعض التفرد الذي يحيط ببياناتهم والنتائج التي يتوصلون لها (كما يوضح مشروع بيبوساكس). وللاستفادة من شبكة لابعدية تتدفق فيها المعلومات في كلا الاتجاهين بين الشركاء، ينبغـــي علـــى المشاركين أن يتبادلوا معلومات قيمة في ما بينهم (المعاملة بالمثل) أو تـــوفير مـــصدر لها (التكامل)؛ لذلك فإن المشاركة ليست مجانية. وبالرغم من أن الـــشبكة يمكن أن تكون مفتوحة للأعضاء الجدد، فإنه ينبغي أن يكون لدى العضو الجديـــد المحـــتمل شـــيءٌ يقدمه، مثل الخبرة أو الموارد، وهذا ما يجذب الأعضاء الموجـــودين إلـــيه[6]. كذلك فإن سعر الدخول آخذ في الارتفاع مع ازدياد نضج الـــشبكة. فمـــثلاً، من المستبعد أن يرحب فريق أبحاث بدأ منذ عام بوافد جديد يشارك في عمله إلا إذا جاء هذا الشخص ببيانات من شأنها تحويل اتجاه البحث أو بقدرات بحثية فريدة.

ومـــاذا يكسب العلماء بالمقابل من إسهامهم في شبكة بحثية أو فريق أبحاث؟ غالباً مـــا تتـــضمن المكاســـب الفورية لهذا الإسهام الوصول إلى موارد محددة وغير عادية وقدرات مكملة ومتكاملة وصلات جيدة مع الأشخاص ناهيك عن التمويل[7]. ويمكن للعلمـــاء، على سبيل المثال، أن يستفيدوا من شبكة من الزملاء في الوصول إلى موارد نادرة، مثل عينة تربة، أو بيانات فريدة، مثل موقع انفجارات أشعة غاما. وعادة ما تعد مثل هذه المكاسب المباشرة حافزاً على إنشاء شركة محددة.

وبالرغم من ذلك، فإن المكاسب غير المباشرة للتعاون لا تقل أهمية عن النتائج المباشـــرة. إذ إن العلمـــاء عـــبر المشاركة في شركات بحثية يعززون عضويتهم في الـــشبكة الأوســـع التي تؤلف الكلية الخفية. وبذلك، فهم يحققون قدراً أكبر من إمكانـــية التبادل العالمي للأفكار والمعلومات المجانية العائمة ضمن الروابط الضعيفة داخل الشبكة (أو "الصلات الضعيفة" وهي العلاقات بين "أصدقاء الأصدقاء" التي

يمكن أن تصبح روابط مفيدة للحصول على المعلومات، كما نوضح لاحقاً في هذا الفصل)، وهي أفكار ومعلومات يمكن أن تأخذ البحث في النهاية إلى اتجاهات غير متوقعة. والشبكات الاجتماعية مثل الكلية الخفية تحقق هذه الوظيفة جزئياً لأنها تقدم طرقاً مختصرة إلى المعلومات، إذ لا توجد طريقة تسمح بمعرفة جميع الأشخاص الآخرين الذين يحتمل أن تكون لديهم معرفة مفيدة، أو حتى لمعرفة هؤلاء الأشخاص، نظراً لحجم المجتمع البحثي. لكن الشبكات تقدم خدمة أساسية بدمج هذه المعلومات وتوزيعها، سواء عبر قنوات رسمية مثل الأدلة الإلكترونية (directories) أو عبر الروابط بين الأشخاص.

والأهم من ذلك أن الشبكات الاجتماعية تعزز تبادل المعرفة والموارد عبر بناء الثقة[8]. وهي بتسهيل تكرار التفاعلات وتداول المعلومات (ومنها بلا شك معلومات عن سمعة الأفراد) وتطور معايير المجموعة تساعد على تكوين ما يسميه "فرانسيس فوكوياما" المجتمعات ذات القيم الأخلاقية المشتركة. ويرى "فوكوياما" أن هذه المجتمعات "لا تتطلب عقداً واسع النطاق وتنظيماً قانونياً لعلاقاتها لأن الإجماع الأخلاقي المتوفر آنفاً يمنح أفراد المجموعة أساساً للثقة المتبادلة"[9]. ويصف آخرون هذه السمة الأساسية للشبكات بأنها "رأس المال الاجتماعي"[10]. وكما يدل المصطلح، فإن رأس المال الاجتماعي سلعة يمكن للمجموعة أن تكسبها وتكتنزها وتنفقها، ويتم اكتسابها على نحو أساسي عبر التطوير أو التعلم والامتثال لقواعد المجتمع والتحدث بلغة مشتركة وإظهار قيم مشتركة، (جرب التحدث بلغة الفيزياء مع عالم فيزياء). وكما يشير "فوكوياما"، فإن الأفراد لا يستطيعون الحصول على رأس المال الاجتماعي اعتماداً على أنفسهم، بل هو ملكية قائمة على سمات اجتماعية للمجموعة وليس للفرد.

يظهر أن احتمال نشوء التعاون يصبح أكبر، ومن ثم يكون مثمراً أكثر، ضمن الشبكات العلمية التي تتمتع برأس مال اجتماعي واسع. فأعضاء هذه الشبكات مستعدون لتبادل المعلومات بحرية أكبر وللارتباط بالتزامات أطول أمداً عند انضمامهم إلى المشروعات لأن لديهم ثقة أكبر بأن هذه الالتزامات سوف تؤتي ثمارها ولأنهم واثقون من احترام مبدأ المعاملة بالمثل. إن معايير المعاملة بالمثل والمنافسة الشريفة التي تميز هذه الشبكات (إضافة إلى العلم بأنه من المستبعد

التغاضي عن انتهاك هذه المعايير) تساعد على تهدئة مخاوف العلماء من أن الباحثين الآخـرين قـد يقومون بسرقة بياناتهم أو تزوير النتائج أو إظهار عملهم المشترك وكأنـه ثمرة عملهم وحدهم. وبالمقابل، فإن المخاطر المرتبطة بتبادل المعلومات في الـشبكات المتفـرقة ذات رأس المال الاجتماعي الصغير قد تترك العلماء يعملون بمفردهم وبإنتاجية أقل، مع قدر قليل من رجع الصدى أو ردود الأفعال، (فكر في الطـراز البدائي). وتشير البيانات إلى أن العلماء يسعون على نحو متزايد إلى العمل في هـذه الأنـواع مـن التـرتيبات التعاونية ضمن الفرق التي تنشئ رأس المال الاجتماعـي وتـستفيد مـنه في الوقت نفسه وتسمح من الناحية النظرية بتحقيق أهداف محددة يتعذر تحقيقها في غياب هذه الترتيبات[11].

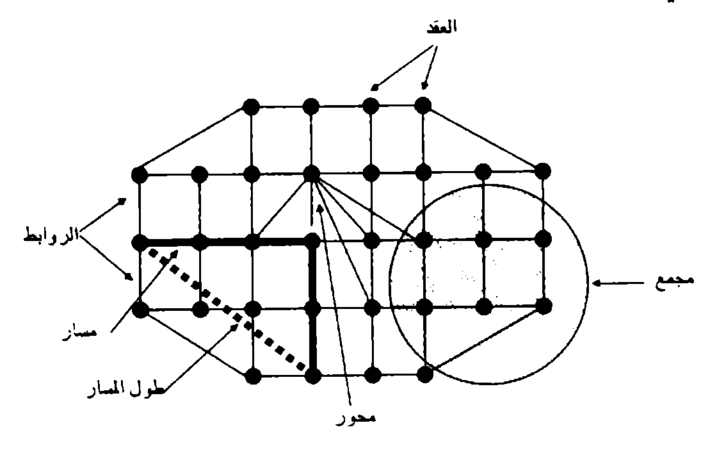
إن الكلية الخفية تيسّر إنشاء رأس المال الاجتماعي، وتساعد في نهاية المطاف علـى إيجـاد المعرفة عبر تنظيم ممارسي العلم ضمن مجمعات ذاتية التحديد وذاتية الاختيار تنظم على مستوى التخصصات العلمية والحقول الفرعية. وليست حدود التخـصص واضحة (عند أي نقطة تختلف الكيمياء الحيوية عن البيولوجيا الجزيئية من الناحية العملية؟) لكن من الممكن القول عند النقطة ذاتها سواء بالنسبة للمراقب الداخلـي أو الخارجـي إن شخصاً ينتمي إلى هذا الحقل العلمي وليس إلى الآخر. يعـتمد هذا التصنيف على معرفة الباحث وتدريبه وإسهاماته ووصوله إلى الموارد، إضـافة إلى كيفـية تعـريفه له. وبهذه الطريقة يصبح من الممكن لعالِم مثل "أولا لندستروم"، وهي عالمة بيئة سويدية معروفة، أن تطالب بحصة في أبحاث علم التربة. ويلقى هذا التعريف دعماً بفضل الموضوعات التي درستها وشبكة الأشخاص الذين يعتـرفون بأنهـا عالمة في مجال التربة والراغبين في إدخالها ضمن تبادل الاتصالات الخاصـة[12]. يؤلف هؤلاء الأشخاص مجموعة اجتماعية يتم تحديدها عبر الاعتراف المتـبادل في مـا بينهم وبموضوع اهتمامهم وبمستوى الثقة الذي لدى الأعضاء في أعمـال الآخرين، والذين يعرفون بعضهم شخصياً بينما يجري التأكد من بعضهم الآخر عبر الاتصال بغيرهم من الأعضاء الموثوقين ضمن المجموعة.

ينبغي على هذه المجموعات أن توجد بعض التوازن بين الاستقرار والتباين في تحديـد المجموعة حتى تحافظ على استمراريتها. فكل مجال رئيس أو فرعي في العلم يعطـي مـسميات مشتركة ومجموعة من التقنيات. وبالالتفاف حول مجموعة من

المعلـــومات والمبادئ المقبولة، يمكن للباحثين أن يسرّعوا عملية اكتسابهم للمعارف الجديدة. فيتم بناء كل تجربة جديدة أو اكتشاف جديد على إطار مشترك، ولا يجبر أحـــد علـــى "إعـــادة اختراع العجلة". ويمكن اعتبار هذا المخزون من المعلومات بمنـــزلة "رأس مال معرفي"، أو "نموذج علمي" وفقاً لمصطلحات "توماس كون"[13]. لكن لا يمكن في النهاية أن ينمو المجال بغياب التباين في هيئة أفكار جديدة وأشكال مـــن الخبرة. وعادة ما تستجيب المجموعات إلى هذا التحدي بوضع معايير خاصة للاعتراف بوجود التحديات الماثلة أمام النموذج السائد وتقييمها وقبولها.

ما هي الشبكة ذات المقياس الحر؟

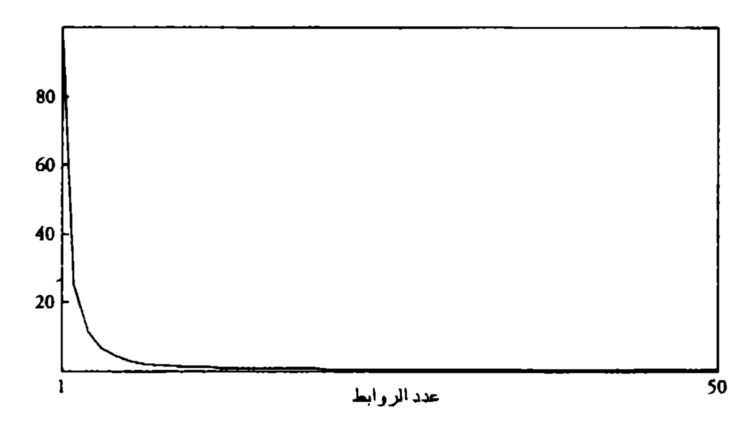
للحـــصول علـــى فهم لبعض السمات الخاصة بالأكاديمية العالمية الخفية، من المفـــيد أن نتـــصور هيكليتها باستخدام لغة نظرية الشبكات. حيث تسمى عناصر الشبكة بالعقد أو النقاط، ويدعى الاتصال أو الصلة بين العقد بالرابط: يمكن تصور الـــروابط برسم خط بين النقاط. وتسمى العقد التي تحوي عدداً كبيراً من الصلات بالمحـــاور (hubs). يـــصور الشكل 3-1 هذه السمات، إضافة إلى بعض المكونات الأساســـية الأخرى للشبكة. لنتصور مثلاً نظام النقل الجوي في الولايات المتحدة. حيث يمثل كل مطار عقدة، مهما يكن حجمه. وتمثل الرحلات بينها الروابط. أما مطـــارات المـــدن الرئيسة، مثل دنفر وأطلنطا، التي تجمع المسافرين وترسلهم إلى وجهاتهم فهي محاور الشبكة.



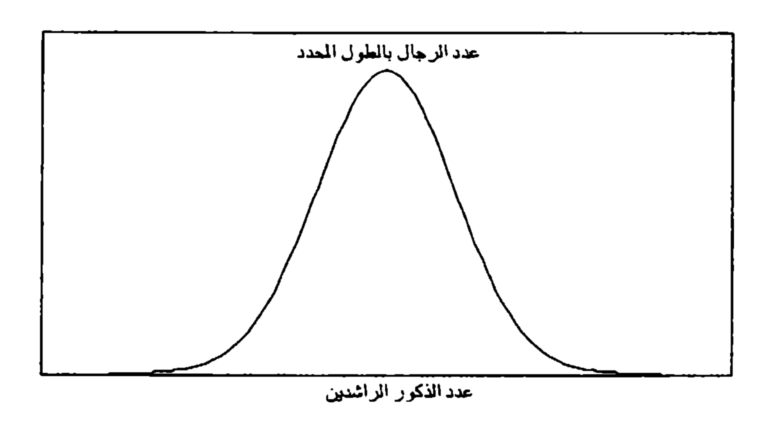
الشكل 3-1. مميزات الشبكة الاجتماعية

يمكــن تصور الكلية الخفية بنفس الطريقة تماماً فيكون كل باحث بمنــزلة نقطة وتكون الصلات بين الباحثين بمنــزلة الروابط (التدريب والتعاون في وضع المــؤلفات وما إلى ذلك). وبعد ذلك، إذا درسنا التكرار النسبــي للصلات بين الباحــثين عــبر إنشاء مخطط يمثل فيه كل قضيب شاقولي عدد الأشخاص الذين لــديهم عدد محدد من الروابط، ينشأ لدينا نموذج مثير للاهتمام. وربما توقعنا أن يأخــذ الــتوزيع شكلاً مشابهاً لمنحني الجرس حيث تكون لبضعة أشخاص صلة واحــدة أو اثنــتين، بينما تكون لدى بضعة آخرين آلاف الصلات، ويقع باقي الأشخاص في موضع ما بينهما. لكن الواقع أن توزع الصلات في المخطط الذي أنــشأناه للتو هو تموضعٌ ذو مقياس حر يتبع ما يسميه علماء الرياضيات "قانون القوة"[14].

يــبدأ تــوزع قانــون القــوة عالــياً على طول المحور الشاقولي وينحدر بــسرعة (الــشكل 3-2). وعلــى النقــيض من هذا يأتي منحني شكل الجرس مــثل الــتوزع الطبيعي (الشكل 3-3) الذي يشكل ذروة عند قيمته الوسطية: وتتساوى فيه القيمة الوسطية والقيمة النمطية (الأكثر شيوعاً)، بينما يبلغ توزيع قانــون القوة ذروته عند قيمته الأدنى، وتقع قيمته الوسطية في مكان ما إلى يمين الــذروة. لكن القيمة الوسطية ليست بأي شكل كان هي القيمة السائدة ولهذا الــسبب فقــد دعيت الشبكات التي تتبع هذا التوزيع بالشبكات ذات المقياس الحر[15].



الشكل 3-2. مثال على توزيع قانون القوة



الشكل 3-3. مثال على التوزع الطبيعي

يفضل كثير من المحللين تقديم الرسوم البيانية لقانون القوة بتمثيل لوغارتمي. وهذه الرسوم البيانية التي تستخدم المقياس اللوغارتمي على كلا محوريها تحوّل المنحني المبين في الشكل 3-2 إلى مجموعة من النقاط التي تقارب خطاً مستقيماً مائلاً نحو الأسفل. وتمثل الرسوم البيانية لقانون القوة الرسوم البيانية الأساسية للنظام التكيفي المعقد[16].

يمكن إيجاد التوزيع ذي المقياس الحر في مجموعة واسعة من البيئات، من الإنترنت إلى التفاعلات بين البروتينات ضمن خلية واحدة[17]. ويلاحظ في جميع هذه النظم وجود بضعة عناصر كبيرة للغاية أو متكررة أو جيدة الربط، بينما تكون الغالبية العظمى صغيرة جداً أو نادرة أو معزولة أساساً. لندرس شبكة الإنترنت العالمية مثلاً، فبالرغم من أن بضعة مواقع مثل غوغل تنال حصة الأسد في تصفح الإنترنت، إلا أن معظم صفحات الإنترنت لا تحظى بأكثر من بضع نقرات في اليوم[18]. وينطبق الشيء ذاته على شبكة الموجهات (الراوتر) التي تمد الشبكة بالطاقة[19]. وبالمثل، فإن حجم المدن حول العالم يتبع توزيعاً ذي مقياس حر، حيث نرى حفنة من المدن الضخمة يليها عدد ضئيل من المدن الكبيرة، ثم الكثير من المدن الأصغر ومئات الآلاف من المدن الصغيرة. وينطبق التوزيع ذاته على الثروة، فهناك حفنة من أصحاب المليارات وعدد أكبر من أصحاب الملايين في العالم، لكن غالبية الناس تملك القليل من الثروة، إن وجدت. نصادف هذا التوزيع المجحف في كثير من النظم[20].

يـــرتبط معظم الأفراد ضمن نطاق العلم بعدد صغير فقط من الزملاء، وعادة في المؤسسة ذاتها التي يعملون فيها أو حيث تلقوا التدريب. لكن حفنة من الباحثين النجوم الحائزين على جائزة نوبل أو رؤساء المختبرات الرئيسة قد تدربوا مع مئات مـــن العلمـــاء في أنحاء العالم أو أشرفوا عليهم أو تعاونوا معهم. ويظهر هذا النمط الـــذي أنـــشأه "ألفـــريد لوتكا" منذ زمن طويل عام 1926 في توزع الاستشهاد بالأقوال في المؤلفات الأكاديمية[21]. وبعد ذلك بنحو أربعين سنة، أظهر "ديريك دي ســـولا" أن عـــدد الدراسات العلمية التي ينشرها العلماء يتبع قانون "لوتكا" (كما أشـــير إليه في بداية هذا الفصل)[22]. كما أظهر "مارك نيومن" في الآونة الأخيرة أن شـــبكات الـــتعاون في وضع المؤلفات التي نتجت عن التشارك في نشر الدراسات العلمية على المستوى العالمي تتميز بهيكلية ذات مقياس حر[23].

تعد هذه النتائج مهمة، فإذا كانت الكلية الخفية في الواقع شبكة ذات مقياس حـــر، يمكنـــنا افتـــراض أنها تتخذ سلوكاً مشابهاً لسلوك الشبكات الأخرى ذات المقـــياس الحر. على سبيل المثال، تعد هذه الشبكات مرنة نوعاً ما أمام الإصابات العرضـــية لكنها يمكن أن تصاب بالشلل بسهولة إذا ما أزلنا بضعة محاور رئيسة[24]. والأهـــم مـــن ذلك عندنا أن الآلية ذاتها تظهر لتوجه نمو مجال واسع من الشبكات ذات المقياس الحر. أطلق عالما الفيزياء "بارابايتشي" و"ألبرت" على هذه الظاهرة اسم "الارتباط التفضيلي"[25] (preferential attachment).

وتـــصف نظـــرية الارتـــباط التفضيلي هذه طريقة الوافدين الجدد في اختيار الأشـــخاص الفاعلين الذين يريدون إقامة الصلات معهم عند انضمامهم إلى إحدى الـــشبكات. عـــادة ما تكون هذه الخيارات مقيدة بتوافر الصلات وبوضع الوافد الجديد في الشبكة، لكن أعضاء الشبكات الجدد على العموم يحاولون إقامة صلات مـــع الأشـــخاص المعروفين أكثر والذين يتمتعون بصلات أفضل. إن الانجذاب إلى الأفـــراد المعـــروفين وذوي الـــصلات الجيدة أمر واضح: فهم يقدمون الكثير من المكاسب إلى الأعضاء المستجدين، ومنهم الحاصلون الجدد على درجة الدكتوراه، إذ إن العلمـــاء ذوي الـــصلات الجـــيدة يتحكمون بالبيانات والأجهزة والتمويل والوصـــول إلى الموارد والفرص الأخرى. وهم بالنتيجة يجذبون الصلات، الصلات الأعلـــى جودة، بمعدل أكبر بكثير من الباحثين الأقل شهرة. تولد هذه العملية في

النهاية هيكلية ذات مقياس حر يبرز فيها بضعة نجوم أو محاور على عدد أكبر بكثير مـــن الباحثين العاديين[26]. ويتناول الفصل الرابع سبراً لهذه العملية وتبعاتها بمزيد من العمق.

كيف تعمل الشبكات؟

يبين الارتباط التفضيلي كيف تتطور طبوغرافية شبكة مثل الكلية الخفية. ومع ذلـــك ينبغي أن نلقي نظرة على ظاهرة أخرى لتوضيح كيفية عمل هذه الشبكات وكيفـــية تكوّن الصلات التي تؤلفها وتدعمها. وهناك ثلاثة مفاهيم أساسية في هذا التوضيح: "الروابط الضعيفة" و"ظاهرة العالم الصغير" و"الغزارة".

الـــروابط الضعيفة هي الصلات الاجتماعية التي نادراً ما نستفيد منها[27]. أما الـــروابط القـــوية للعـــالِم بوصفه فرداً فيرجح أن تشمل أسرته وأصدقاءه المقربين وزملاءه الذين يصادفهم كل يوم. وبالمقابل، يمكن أن تشمل روابطه الضعيفة باحثاً يصادفه من وقت إلى آخر في المؤتمرات أو أحد معارفه من الكلية الذي التقى به في المناسبات، أو واحداً من رفقاء السفر يصادفه في بعض الأحيان أثناء انتظار وصول القطـــار. عندما نضع تصوراً لشبكة من العلاقات، يمكن أن نرى الروابط الضعيفة علـــى نحـــو مساحات رقيقة نسبياً أو غير متصلة بين العقد[28]. ومع ذلك يمكن أن تكون قيمة للغاية. فالروابط الضعيفة قد تؤمن لنا اتصالاً، مثلاً، بـــ "صديق لأحد أصدقائنا" يمكن أن يقدم لنا معلومات أو ترفيهاً أو صلة بأشخاص آخرين. لنعد إلى مـــثال عالمـــة التربة، فقد يتطلب مشروعها البحثي تصدير عينات من التربة (مثلما نرى في كثير من هذه المشروعات)، وربما كانت لا تعرف أحداً مطلعاً على أنظمة التصدير، لكن يمكنها ذكر ذلك أمام زميل يزور بلدها لعقد ندوة ويعرف شخصاً يمكن الاتصال معه بهذا الخصوص.

وجد "مارك غرانوفيتر" في خضم عمله الأساسي في هذا الموضوع أن الروابط الـــضعيفة تلعب دوراً حاسماً في بناء المجمعات ضمن الشبكات الاجتماعية[29]. ففي مجال العلوم مثلاً، نرى أن الروابط المهنية القوية عند الباحث، مع الأشخاص الذين يـــتفاعل معهم بصورة يومية أو تربطه بهم روابط وثيقة جداً، تميل لأن تعمل بنفس أســـلوب المختبر أو المؤسسة أو الحقل. فإذا أراد الوصول إلى أشخاص من خارج

جماعـــته أو الاتصال بعلماء ضمن اختصاص آخر، فمن الأرجح أن تتشكل الحلقة الحاسمة (crucial link) من الرابط الضعيف، وليكن مع متحدث زائر لديه اهتمامات ذات علاقـــة بالأمـــر لكـــن ضمن مجموعة مختلفة من الصلات، وهذا الاختلاف ضروري لإنتاج أفكار جديدة.

ومـــن ثم، فإنـــه مـــن الأرجح أن تتيح الروابط الضعيفة فرصة للوصول إلى أشـــخاص لـــديهم أفكار مختلفة وصعبة أو صلات تتجاوز دائرة الفرد الناتجة عن اتـــصالاته اليومية. وربما أدى تقديم الأفكار الجديدة عبر الروابط الضعيفة إلى تحفيز الإبداع واكتشاف المواهب. واعترافاً بهذه الصلة، فإن بعض المؤسسات تولي رعاية هذه الروابط اهتماماً خاصاً. ومن أمثلتها "مركز المواد متناهية الصغر" (CNM) في مختـــبر آرغون الوطني في الولايات المتحدة، حيث تتغذى علوم المواد متناهية الصغر (nanoscience)، كعلم ناشئ، على الروابط الضعيفة بين أشخاص من تخصصات مخـــتلفة كـــثيرة. وتبعاً لذلك، اعتمد "مركز المواد متناهية الصغر" نموذجاً تنظيمياً جديـــداً يدور حول فرق مرنة، كما يوضح "ديريك مانشيني" أحد علماء الفيزياء في المركز:

> ونظراً للطابع متعدد التخصصات في أبحاث علوم المواد متناهية الصغر، فلن يكون النموذج الأكاديمي القديم كافياً. إننا نحاول تشجيع فرق متحركة ومرنة، وهذا النموذج يخـــتلف عن النموذج التقليدي القديم ويختلف حتى عن الجامعات التي وضعت لتكون مركزاً من أجل الحصول على الأموال. يأتي الناس [إلى "مركز علوم المواد متناهية الصغر"] بفكرة عما يريدون القيام به... وعلينا أن ندرك أن بعض الأشخاص يهتمون بالأجهـــزة، ويهـــتم آخرون بالتقنية، ويهتم غيرهم بمسائل علمية. والطريقة الأفضل لتنظيم البحث هي مكافأة الناس على القيام بعملهم على الوجه الأفضل. وهذا الأسلوب يحقـــق نتـــيجة أفضل مع الفرق، حيث يستطيع الأشخاص الاتصال في ما بينهم عند الحاجة، ومن ثم العودة إلى مقاعدهم لحل مشكلاتهم[30].

لا نـــسوق هـــذا لنقول إن الروابط القوية ليست بذات أهمية. فهي تساعد على إيجـــاد رأس المـــال الاجتماعي وعلى بناء المعرفة والاحتفاظ بها ضمن معايير محددة، أو بتعـــبير آخـــر قاعـــدة "كيونيان" المستقرة "العلوم الطبيعية" (التي تمثل الممارسة اليومية المعـــتادة للتخصصات العلمية المعروفة). لكن التواصل وتلاقح الخبرات بين المجموعات لـــن يكـــونا إلا محدودين في شبكة تتألف في الغالب من مجمعات مرتبطة بروابط قوية

وتحـــوي عدداً ضئيلاً جداً من الروابط الضعيفة بينها، وسوف تكون المعرفة محلية تماماً، ســـواء علـــى المـــستوى الجغرافي أو في مجال الاختصاص. وبالمقابل، يمكن أن تشكل الـــشبكة وأعضاؤها، عبر مساعدة الروابط الضعيفة على التكاثر، ظروفاً أكثر خصوبة لتبادل الأفكار وتوسيع المعرفة. ويتم تنظيم مركز علوم المواد متناهية الصغر لتيسير هذا التبادل عبر تسهيل الاستفادة من الروابط القوية والضعيفة على حد سواء عند الحاجة.

تعمل الروابط الضعيفة جزئياً عبر تعزيز ظاهرة العالم الصغير[31]. وهي الفكرة الـــشائعة بأن كل فرد يقع ضمن مسافة ست درجات من التباعد عن شخص آخر على كوكب الأرض[32]. (يقع كل فرد في هوليود ضمن ست درجات من التباعد عـــن "كيفن بيكون")[33]. وإذا استخدمنا لغة الشبكات، فهذا يعني أنه من الممكن ربـــط أي عقـــدتين ضمن شبكة اجتماعية كبيرة عبر عدد قليل من الخطوات[34]. يدعى هذا التسلسل من الخطوات أو الروابط من عقدة إلى أخرى بالمسار، وتسمى المسافة بين أي عقدتين ضمن الشبكة بطول المسار.

واعـــتماداً علـــى دراســـته للشبكات العلمية، خلص "مارك نيومن" إلى أن الأكاديمية العالمية الخفية تتسم إلى حد بعيد بمسارات قليلة الطول:

> وجـــدنا أن المـــسافات المعتادة بين زوجين من المؤلفين عبر الشبكات هي مسافات قصيرة، وأن الشبكات تشكل "عالماً صغيراً" بالمعنى الذي ناقشه "ويلغرام"، وأنها ذات مقـــياس لوغاريتمي من أجل إجمالي عدد المؤلفين في الشبكة، وهذا يتفق منطقياً مع تـــوقعات نمـــوذج المـــسار العشوائي... ونعلم أيضاً أن غالبية المسارات بين معظم المؤلفـــين وبين غيرهم من العلماء في الشبكة تدل على حصول تعاون واحد أو اثنين فقط بينهم[35].

ولا تـــزال هـــذه النتيجة الأخيرة دليلاً إضافياً على أهمية المحاور في الشبكات الاجتماعية. وقد لاحظ "ويلغرام" هذا النموذج أيضاً في عمله الأصلي.

يمكن أن تكون لأطوال المسارات القصيرة قيمة خاصة لدى أعضاء الشبكات مـــن ذوي المكانة المتواضعة الذين يفتقرون إلى كثير من الصلات المباشرة، وخاصة مع المَحاور. فمثلاً، من المستبعد أن يتلقى زميل عادي في مرحلة ما بعد الدكتوراه إجابة واعدة إذا اتصل بواحد من نجوم الاختصاص فجأة وطلب منه التعاون معه في مشروع ما. لكن إذا ذهب مدرسه مثلاً إلى الكلية مع شخص تدرب على يد ذلك الباحث المتألق، فقد يتمكن ذلك الفرد من إقناعه بأن يقول كلمته الحاسمة.

من الواضح أن ظاهرة العالم الصغير تعمل عبر روابط قوية وضعيفة أيضاً. تمثل المجمعـــات قوية التكامل ضمن الشبكات عوالم صغيرة، بتعريفها. بالرغم من ذلك توسّع الروابط الضعيفة مجال العوالم الصغيرة وتُوجد إمكانية لإنشاء روابط مباشرة داخـــل نطـــاق أوسع وأهم من الأفراد أو عناصر الشبكة. وبهذه الطريقة، نجد أن الـــروابط الـــضعيفة يمكـــن أن تؤدي إلى أشكال خلاقة ومثمرة على نحو مميز من التعاون والتبادل.

تـــرتبط ظاهرة العالم الصغير ارتباطاً وثيقاً بفكرة الغزارة، أو وجود مسارات مـــتعددة بـــين العقـــد في شبكة اجتماعية[36]، إذ تؤدي الغزارة إلى نشوء المجمعات والمجمـــوعات ضمن الشبكة غنية الروابط وهي بذلك ذات أطوال مسارات قصيرة في معدلها. ويمكن للغزارة أن تشكل شبكة على درجة عالية من المرونة أو النشاط؛ أي أن اتـــصالها ككل لا يتأثر سلباً بإلغاء بعض الروابط أو العقد عشوائياً. لنأخذ مثلاً شبكة للنقل تستخدم ثلاث طرائق متاحة بغزارة من أجل التنقل. فإذا تعطلت سيارتك، يمكنك أن تستقل الحافلة للذهاب إلى العمل.

وغالـــباً جـــداً مـــا يكون لدى الباحثين في المجالات العلمية كثير من الزملاء يتواصلون معهم ضمن صلات اجتماعية عامة أو فائضة، فتكون صلاتهم العامة مع أشـــخاص شـــاركوهم تدريباً مشابهاً أو معرفة مماثلة ويتحدثون لغة فنية مشتركة، ويتعاونون ويتنافسون سعياً وراء التقدير والموارد. إن الغزارة تعزز الاستقرار ضمن الـــشبكة الاجتماعية فضلاً عن الاحتفاظ بالمعرفة في أشكال ضمنية وصريحة، كما أنهـــا ترعـــى الإنتاجية ضمن الشبكة عبر التأكد من أن مشروعات التعاون القيمة يمكـــن أن تـــتحقق بطرق مختلفة كثيرة وأن هذا التعاون لا يعتمد على توافر العقد على نحو فردي أو على قوة كل من الروابط بمفردها.

المجتمع الملكي كشبكة اجتماعية

يمكـــن لـــتاريخ أول كلـــية خفـــية أن يوضح كيفية عمل بعض سمات هذه الـــشبكات. لننظـــر، مـــثلاً، كيف أتى "جان آموس كومينسكي" ليتم تقديمه إلى أعضاء الجمعية الملكية المستقبلية. غالباً ما يعزى الفضل إلى "كومينسكي" المشهور بالاســـم اللاتـــيني "كومينـــيوس" لابـــتكاره التعليم الحديث القائم على العلم في

أوروبا[37]. وفي الثلاثينيات من القرن السادس عشر، عندما كان يعمل وزيراً ومعلماً في مورافـــيا (وهي الآن جزء من جمهورية التشيك)، استرعت كتاباته اهتمام رجل يدعـــى "صاموئيل هارتليب". وكان "هارتليب" حتى القرن السابع عشر بمنـــزلة الـــبوابة الإلكترونية في القرن الحادي والعشرين. ولد "هارتليب" في إلبرينغ، غرب بروســـيا (وهي الآن جزء من بولندة) وتلقى التعليم في ألمانيا، وهاجر إلى لندن في الثلاثينيات من ذلك القرن هرباً من حرب الثلاثين عاماً. وقادته موهبته في اللغات لـــيعمل دور "مخبر"، فعمل وكيلاً لنشر الأخبار والكتب والمخطوطات في لندن من أنحاء أوروبا كافة. والتقى أثناء هذه الوظيفة كثيراً من أعضاء الطبقة الفكرية[38].

وكان "هارتليب" معجباً جداً بكتابات "كومينيوس" حول التعليم العالمي إلى درجـــة جعلـــته عـــام 1637 يقـــوم شخصياً بالترتيبات اللازمة حتى تقوم جامعة أوكـــسفورد بنشر العمل[39]. كما تمكن من إقناع "كومينيوس" بالقيام برحلة شاقة إلى إنكلتـــرا فوصل في أيلول/سبتمبر من عام 1641 حاملاً أفكاره حول التعليم[40]. ويـــا للأسف، لم يترك الصراع المحتدم بين الملك والبرلمان سوى القليل من الوقت أمـــام المنخرطين في الحكومة للتحدث في شأن السياسات التعليمية مع رجل الدين القـــادم مـــن مورافيا. وبالرغم من ذلك، استفاد "كومينيوس" من بقائه في لندن، فكتب أطروحة مهمة حول التعليم والتقى بمجموعة صغيرة من الفلاسفة الطبيعيين يـــنظمها "هارتليب". وكان من بين الذين قاموا بهذه الاتصالات واحد من معارف "كومينـــيوس" الـــسابقين، وهو مغترب ألماني من أبناء دينه يدعى "ثيودور هاك". وكـــان "هاك" بدوره مسروراً جداً بتعريف "كومينيوس" بكبار المفكرين في لندن، مـــثل "روبـــرت بـــويل"[41]. ويشير بعض المؤرخين إلى أن فكرة إنشاء كلية خفية للتجـــريبيين عرضـــت موضـــوعاً للـــنقاش للمرة الأولى في سياق واحد من هذه الاجتماعات، وأن "كومينيوس" ذاته هو الذي اقترح هذه التسمية على التجريبيين البريطانيين[42].

توضـــح هذه الحلقة عدداً من السمات المشتركة بين الشبكات الاجتماعية. يـــؤدي "هارتلـــيب"، مثلاً، دوراً مهماً في القصة كمحور يربط اللندنيين المثقفين، لـــيس بعضهم ببعض فقط بل أيضاً بغيرهم من المثقفين في القارة الأوروبية. وربما تمكـــن آخرون بين "أصحاب المهارات" هؤلاء من إنشاء صلات مع "كومينيوس"،

لكـــن ربمـــا لم تكن لديهم بالضرورة الصلات التي تقنعه بأن يسافر مجتازاً نصف أوروبـــا، فضلاً عن اجتياز القناة الإنكليزية، من أجل مشاركة أفكاره. وعندما قام "كومينيوس" برحلته الخَطِرة، استطاعت الروابط الضعيفة وظاهرة العالم الصغير أن تـــساعد "هارتلـــيب" في جهوده لتقديمه إلى فلاسفة طبيعيين ذوي أفكار مشابهة. وتبين أن ثمة رابطاً ضعيفاً بين "هاك" و"كومينيوس" وهو ما جعله أكثر تقبلاً لفكرة استضافة التجمع. ويبدو أن أهمية هذا التجمع كانت أكبر مما توقع أي شخص لأنه أدى إلى الفكـــرة الـــتي جعلـــت المشاركين يؤلفون كلية خفية. لكن لو لم يكن "كومينـــيوس" قد عرض الفكرة في تلك الأمسية، فمن المرجح أنه كان سيعرضها بالـــرغم من ذلك في نهاية الأمر. أما أصحاب المهارات، وهم الضيوف الذين كان قـــد أدخلـــهم لتوه، فكانت لديهم الكثير من الروابط الوفيرة، الأمر الذي أوجد أرضية خصبة لتداول الأفكار.

المتاهة الناشئة

يمثل نظام المعرفة اليوم شبكة ناشئة يمكن أن تعدّ متاهة تضم العديد من المسارات المحـــتملة[43]. يـــتم إنشاء طرق المسارات عبر الشبكة المعرفية على نحو ارتباط تفضيلي وعـــوالم صـــغيرة وروابط ضعيفة تصل بين الأشخاص أنفسهم وتصلهم بالموارد التي يحـــتاجونها للابتكار. وتنشأ الشبكة من اهتمامات الأفراد، ولا يمكن إنشاؤها عن قصد أو من أجزائها المكونة إلا بقدر ما يمكن تشكيل شجرة البلوط بهذه الطريقة.

وبالمـــثل، فإنه لا يمكننا أن نتوقع حجم الاكتشاف العلمي ونطاقه، ولا سيما عندما يتعلق الأمر بالتحولات النموذجية الأساسية التي تعدّ ثورات علمية. فمعظم الـــتقدم الحاصـــل في العلوم والتكنولوجيا ثوري، وهو يكوّن العلوم الطبيعية وفقاً لمـــصطلحات "كون"[44]. يحدث التقدم في العلوم الطبيعية عبر إعادة مزج المعارف الحالـــية[45]. ويتـــسم هـــذا التقدم بأنه تدريجي، ولذا من السهل توقعه. لكن من المـــستحيل تقـــريباً توقـــع الاكتشافات الجديدة حقاً، تلك التي تغير مسار التقدم العلمي[46]، فغالباً ما تنتج عن مزج أفكار من ميادين مختلفة كل الاختلاف، وهو ما يوضـــحه "هـــوب هوانغ" عالم الفيزياء الذي ترأس "مركز المواد الوظيفية متناهية الصغر" في مختبر بروكهافن التابع لوزارة الطاقة الأمريكية:

"يأتي تعريفنا الحالي لعلوم المواد متناهية الصغر من واقع أن علماء المواد وعلماء الفيزياء وغيرهم أدركوا أن شيئاً مختلفاً تماماً يحدث للمواد عند مقياس متناه في الصغر، مختلف عما يرونه عند مستويات أخرى. وقد اكتشفنا [أي العلماء] هذه الظاهرة، لذلك فقد انبثقت بهذا المعنى من العمل التقليدي في مجال العلوم، لكنها جديدة بمعنى آخر: إذ تتكون أقسام جديدة في الجامعات على الدوام بسبب ذلك الاكتشاف بالذات. إن المفاهيم التي تركز على العلوم متناهية الصغر واسعة جداً إلى حد أنها تمتد على جميع التخصصات الحالية... ويتحقق النجاح الحقيقي في مجال العلوم عند اتخاذ نهج متعدد التخصصات لأن هذا [الاكتشاف] ربما لم يكن ليحدث في مكان آخر"[47].

تنشأ المعرفة العلمية من مزج الأشخاص والأفكار والموارد[48]. وتتنافس الأفكار الناشئة لجذب الاهتمام ضمن مجتمعات الباحثين، مثل النظريات المعروضة حول الهيكلية المختلفة للمواد على المستوى الجزئي، تماماً كما تتنافس أشجار البلوط حديثة العهد لتفوز بالموارد على أرض الغابة. تحظى الأفكار الجيدة بالنقاش ويجري تدوينها ويتم استعراضها من قبل الأقران وتُنشر في المجلات أو على شكل براءات اختراع أو معايير قياسية. وتستقر الأفكار الأفضل والأوسع قبولاً لتشكل نموذجاً فتستخدم مراراً وتكراراً، وهو ما يتضح من الاستشهادات ضمن المقالات في المجلات، أو من انتقال تراخيص براءات الاختراع من شركة إلى أخرى، أو تسويق المنتجات. وتصبح بعض الأفكار مقبولة على نطاق واسع، مثل فكرة الجاذبية الأرضية، بحيث لا يعود الاستشهاد بصاحبها أمراً ضرورياً.

ونظراً لصعوبة التوقع بموقع الاكتشافات والتطورات الجديدة وحجمها ونطاقها، فإن تصميم البحث على نحو مسبق غير ممكن: يمكن فقط توفير الظروف والمحفزات لتشجيعها. وتشكل هذه الظروف خلفية لازدهار العلوم. لا يشمل هذا المشهد مجموعة مهمة من الأشخاص والبنية التحتية والمؤسسات فحسب، بل أيضاً شبكات تربط بينها. وللأسف، فمن الصعب رؤية هذه الشبكات، كما أن الجهود الرامية إلى الاستفادة منها مضنية لواضعي السياسات والعلماء الذين لا يعرفون هيكليتها أو يتحدثون لغتها أو يفهمون كيفية عملها. وللمساعدة في جعل هذه الشبكات أكثر وضوحاً ولإتاحتها على نحو أكبر أمام الراغبين بالانضمام إليها أو دعمها، أقدم إليكم طرقاً جديدة مفصلة لفهم متاهة المعرفة الناشئة وكيفية توجيهها في الفصول القادمة.

القسم الثاني

متاهة العالم:
فهم ديناميات الشبكات

"لكن أين دليلك؟".

أجبت: "ليس لدي دليل؛ لكنني أؤمن بالله وبأن عينيّ لن تضللاني".

فرد: "لن تحقق شيئاً. هل سمعت بـ متاهة "كريتان"؟".

أجبته موافقاً: "نعم، سمعت عنها قليلاً".

فتابع قائلاً: "إنها إحدى عجائب الدنيا؛ بناء يضم عدداً كبيراً من الغرف والفواصل والممرات على نحو يحتم على أي شخص يدخل إليها دون دليل أن يهيم على وجهه ملتمساً طريقاً للخروج دون أن يجده. لكنها كانت مجرد مزحة مقارنة بترتيبات متاهة هذا العالم، وخاصة في أيامنا. خذ بنصيحة رجل ذي خبرة ولا تحملك ثقتك بنفسك على دخول هذه المتاهة وحدك!".

جان آموس كومينيوس

متاهة العالم وفردوس القلب

1657 ،(*The Labyrinth of the World and Paradise of the Heart*)

الفصل الرابع

التحولات التكتونية: ظهور الشبكات العالمية

من المدهش أن العالم العلمي لا يختلف اليوم عما كان عليه دائماً منذ القرن السابع عشر، بالرغم من أننا ربما قدر لنا أن نراه بهذا الشكل، إذ لطالما كان العلم حديثاً على الدوام؛ فهو يشهد انفجارات كمية دائمة ويقف دائماً على حافة ثورة توسعية. ولطالما شعر العلماء أنفسهم غارقين في بحر من المؤلفات العلمية التي تزداد في كل عقد من الزمان بقدر ازديادها في جميع الأزمان السابقة.

ديريك دي سولا برايس، *العلم الصغير والعلم الكبير*
(مطبعة جامعة كولومبيا، 1963)، ص 11.

إن الأرض التي تظهر صلبة تحت أقدامنا واقعة فوق صفائح تكتونية. وهذه الصفائح تتحرك بطيئاً بالنسبة للبشر، لكن حركتها عبر آلاف السنين جعلت القارات والمحيطات على الشكل الذي نعرفه اليوم. فزحزحة الصفائح التكتونية تثير الزلازل، وهو ما يغير المشهد المادي الواقع على هذه الصفائح. وهذه الانتقالات بدورها مدفوعة بقوى منبثقة من أعماق الأرض. ووفقاً لنظرية تكتونية الصفائح، التي اقترحها "هاري هس" و"دونالد دايتز" كل على حدة في بداية الستينيات من القرن الماضي، فإن سطح قاع المحيط يتمدد مع اندفاع الرواسب "الماغما" من داخل الأرض[1]. ومع ظهور "الماغما"، يتم دفع الصفائح التي يقع عليها سطح الأرض بعيداً عن السطح المُنشأ حديثاً، بينما تُدفع الأجزاء القديمة من حواف الصفائح نحو الأسفل.

كذلك فإن المشهد الاجتماعي للتحقيق العلمي يتغير استجابة للتغيرات في بنيته الأساسية، مثل المشهد الطبيعي المادي من حولنا. لقد انتقلت هذه البنية الأساسية خلال 350 سنة مضت من نظام قائم على الفرد إلى نظام مهني، مروراً بنظام قائم على الأمم وصولاً إلى نظام اليوم القائم على الشبكات. ولا تزال

العلوم قائمة في فروع المختبرات والمواقع الميدانية حول العالم، لكن هيكليات التواصل التي تساعد على دفع التقدم في مجال العلوم والتكنولوجيا ما عادت معتمدة في المقام الأول على المؤسسات الوطنية. وبدلاً من ذلك، فإن الشبكات العلمية تعمل وتربط بين الممارسين محلياً وإقليمياً وعالمياً، دون الاهتمام كثيراً بالحدود الوطنية.

إن هذا التحول في تنظيم العلم ناتج جزئياً عن سرعة التعاملات التي تحققت بفضل التقدم في تكنولوجيا المعلومات منذ بداية التسعينيات. أدت سرعة الإنترنت واختراع الشبكة العالمية إلى تحفيز تحولٍ كان جارياً بالفعل. وكان من شأن هذه التطورات أن عززت قدرة العلماء وغير العلماء على حد سواء في الوصول إلى الأدوات والمعرفة العلمية وتشاركها. كما أنها زادت إنتاجية الأبحاث وكفاءتها بفضل تخفيض تكاليف المعاملات، ولا سيما بتيسير التعاون الموزع. لكن هذه التكنولوجيات لم تحدث في طريقة تنظيم العلم تغيراً أكبر مما سببه صدع سان أندرياس عام 1994 من هزة نورثريدج الأرضية في لوس أنجلوس. صحيح أن الصدوع الزلزالية هي إثبات لحركة الصفائح التكتونية، لكنها ليست سبباً لهذه الحركة.

يتم تنظيم العلم وممارسته استجابة لقوى صاعدة [من القاعدة إلى القمة]، وهي في هذه الحالة القوى الدافعة التي تحفز العلماء على التواصل، وهو بذلك يشبه الصفائح التكتونية للأرض. وهذه القوى تغير مشهد التحقيق العلمي، وكذلك مشهد التمويل والسياسات في القرن الحادي والعشرين. يركز هذا الفصل على تحديد العوامل التي تحفز التعاون والتنسيق بين العلماء على المستوى العالمي، ويبين كيف تظهر هذه القوى في نمو الأكاديمية العالمية الخفية وتطورها مع الزمن.

نظرة إلى داخل الأرض

تساعد قصة "مايكل فيهلر" و"هارو ساتو" على توضيح القوى التي تشجع التعاون ضمن الأكاديمية العالمية الخفية. فأحدهما من الولايات المتحدة والآخر من اليابان، ولم يتعارفا عبر أي هيئة أو مؤسسة أو منظمة، ولم تقم أي وزارة عالمية

للعلـــوم والتكنولوجيا بتنظيمهما ضمن فريق، بل أصبح هذان العالمان صديقين عام 1984 عـــندما زار "فيهلـــر" اليابان بصفته موظفاً في مختبر لوس ألاموس الوطني في نيومكـــسيكو التابع لوزارة الطاقة الأمريكية بهدف إجراء بحث عن الطاقة الحرارية للأرض. وخلال زيارته، اتصل "فيهلر" بـــ "ساتو" بتوصية من أستاذه السابق الذي أشرف على أطروحته في معهد ماساشوستس للتقانة (MIT). وتبين أن "ساتو" لم يكـــن مضيفاً كريماً فحسب، بل كان أيضاً زميلاً ملهماً. وسرعان ما وجد العالمان أنهمـــا يهـــتمان بمسائل بحثية متماثلة تتعلق بالأمواج الزلزالية، سواء كانت أمواجاً ناتجة عن الزلازل، أو عن الانفجارات النووية تحت الأرض.

ثم ازدهـــر تعاونهمـــا في عام 1988 عندما حصل "ساتو" على تمويل من أجل دعـــوة "فيهلـــر" ليقيم فترة طويلة في اليابان. واستفاد كلاهما من هذه الفرصة في كـــتابة عدد من الدراسات معاً فضلاً عن وضع كتاب موجز عن انتشار الموجات الزلـــزالية وتبعثرها نشره المعهد الأمريكي للفيزياء عام 1997[2]. وسرعان ما حظي عملهما بتنويه عشرات العلماء الآخرين، مما جعل هذين الشريكين بمنـــزلة محورين جذابين في الكلية الخفية لأبحاث علم الزلازل.

لم يزدهـــر تعاون "فيهلر" و"ساتو" بسبب تكامل قدراتهما فحسب، بل أيضاً بسبب وجود دوافع متشابهة لديهما نحو الابتكار والاكتشاف. فقد أجرى كل من هـــذين الشريكين بحثاً مبتكراً عالي الجودة؛ وجاء كل منهما بأفكار جديدة أغنت عملـــهما المـــشترك؛ وكـــان كل منهما يستطيع الحصول على التمويل من سبيل مختلف: "فيهلر" في الولايات المتحدة و"ساتو" في اليابان. وهناك أمر لا يقل أهمية، وهو أن العالمين اكتشفا وجود انسجام بين شخصيتيهما. وهذا ما يوضحه "فيهلر" قـــائلاً: "هـــناك كثير من الأشخاص الذين يجرون هذا البحث الآن، لكن قلة فقط تحـــث علـــى تضافر جهودها في هذا العمل. لدينا اهتمام بمجال العلوم ذاته، لكننا أيـــضاً نـــنسجم جيداً في الواقع؛ هناك الكثير من الاحترام والثقة بيننا"[3]. إن هذه السمات مجتمعةً أكثر من كافية للتعويض عن الاختلافات الزمنية والمكانية واللغوية والثقافية التي توجب على الباحثين التغلب عليها من أجل العمل معاً.

وفي عـــام 2005، التقى "فيهلر" و"ساتو" في مؤتمر أقيم في سينتياغو في تشيلي مـــتلهفين لمناقشة التقدم الأكثر إثارة للاهتمام في علم الزلازل عبر حقبة طويلة من

الزمن. وكان نقاشهما يدور حول الضجيج، لكنه ليس من نوع الثرثرة المعتادة في المؤتمرات، بل استخدام الضجيج كأداة جديدة للقياس في علم الزلازل. فالأحداث الزلــزالية تــولد بيانات على نحو موجات تلتقطها "شبكة رصد الزلازل العالمية" (Global Seismographic Network)، وهـــي مجموعة من 128 محطة زلزالية تقع في 80 بلـــداً ضـــمن جميع القارات. ويمكن للعلماء تحليل هذه البيانات، ولا سيما الـــزمن الـــذي تستغرقه الموجات في انتقالها من محطة زلزالية إلى أخرى، من أجل الحصول على فكرة وافية عن بنية الأرض. ومن خلال عملهما معاً، خطط "فيهلر" و"ساتو" لاستخدام البيانات من أجل توسيع فهمهما للأمواج التي تسبب الأضرار البالغة أثناء الهزات الأرضية. وبالاستفادة من الأفكار الجديدة عن القياس، استطاع كل منهما أن يعود إلى مصادره التمويلية من أجل توفير الموارد اللازمة للمضي في البحث قدماً.

نمو العلوم العالمية

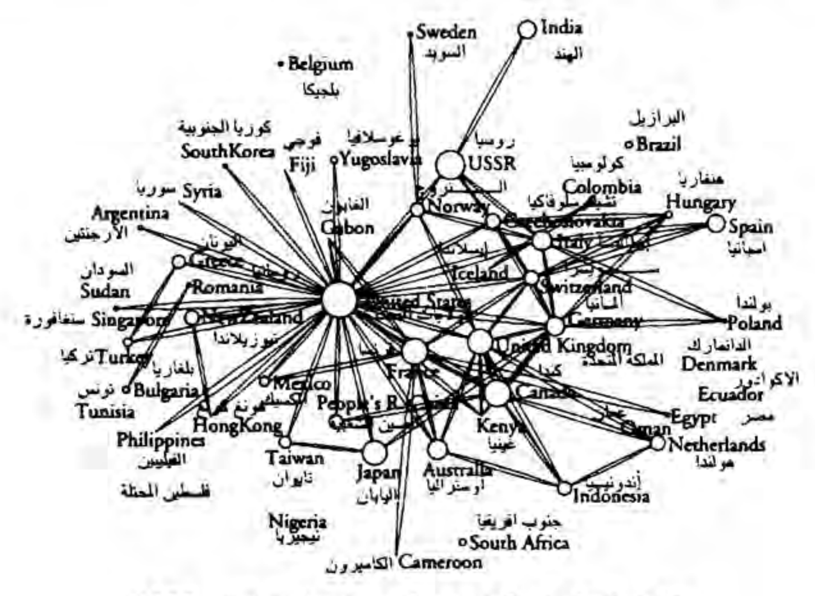
يستخدم المحللون الاتصالات مؤشراً على هيكلية العمل، تماماً مثلما يستخدم علماء الزلازل الضجيج مؤشراً على حركات الصفائح التي تغير بنية الأرض. وتعدّ المـــؤلفات العلمية المؤشر الأساسي بينها، حيث ينشر العلماء نتائج أبحاثهم ليبينوا ملكيتهم للنتائج الرئيسة ولمساعدة غيرهم على الاستفادة من عملهم. وهذا العرف قـــديم بعمر كلية "روبرت بويل" الخفية، فالطموحات والروابط الفكرية التي تؤلف المعـــرفة المـــشتركة كانت خفية، لكنها تركت آثارها على نحو رسائل ودراسات وكتيـــبات جـــرى تبادلها بين أعضاء الكلية في عهدها الأول. إن الاتصالات تترك دلـــيلاً على التعاون الاجتماعي والعلمي الفعلي بين الباحثين؛ ويمكن دراستها لفهم العلـــم، بقدر ما تعتمد السير الذاتية على الرسائل الشخصية لفهم حياة الأشخاص الذين تتحدث عنهم[4].

لنتـــصور خريطة تحوي نقطة تمثل "فيهلر" كنقطة في الولايات المتحدة ونقطة أخـــرى تمثل "ساتو" كنقطة في اليابان. يتعاون "فيهلر" و"ساتو" في كل مرة على وضـــع دراســـة ما وهما بذلك يرسمان خطاً تخيلياً بين هاتين النقطتين على الخريطة يـــشير إلى الـــتعاون. لنكرر العملية من أجل جميع الباحثين العاملين في مجال علم

الـــزلازل. والآن، مع رؤية الاتصالات فقط، نبعد الخريطة الجغرافية تاركين النقاط والخطوط. فنحصل بالنتيجة على شبكة: تمثل النقاط فيها العقد، أما الخطوط فهي الـــروابط الـــتي تمثل الاتصالات. توضح هذه الهيكلية فرص نشوء كل من الروابط والقيود التي يواجهها بعض أعضاء الشبكة.

يمكـــن رسم هذه الشبكة على عدد من المستويات. يبين الرسم البياني الذي تخيلـــناه للـــتو روابط بين شخصين، لكن عندما يرتفع العدد إلى آلاف، يصبح من الـــصعب تبين الشبكة. ولتسهيل الرسم البياني، يمكننا تجميع كل الباحثين العاملين في المجـــال نفـــسه والبلد نفسه ضمن عقدة واحدة ثم حصر التركيز بالروابط بين الباحثين العاملين في التخصص ذاته في بلدان مختلفة. تم رسم الشكلين 4-1 و4-2 عند هذا المستوى استناداً إلى مقالات نشرت في مجال علم الزلازل في عامي 1990 و2000. وكمـــا في كثير من المجالات الأخرى، ازداد التعاون الدولي في مجال علم الزلازل إلى حد كبير أثناء ذلك العقد من الزمن. يلاحظ أن شبكة عام 2000 أكثر كـــثافة بكـــثير مـــن شبكة عام 1990، ويتضح هذا التغير بالزيادة في عدد النقاط والخطوط وبازدياد سماكة الخطوط، والذي يتناسب مع عدد المؤلفات المشتركة التي يمثلها كل خط[5].

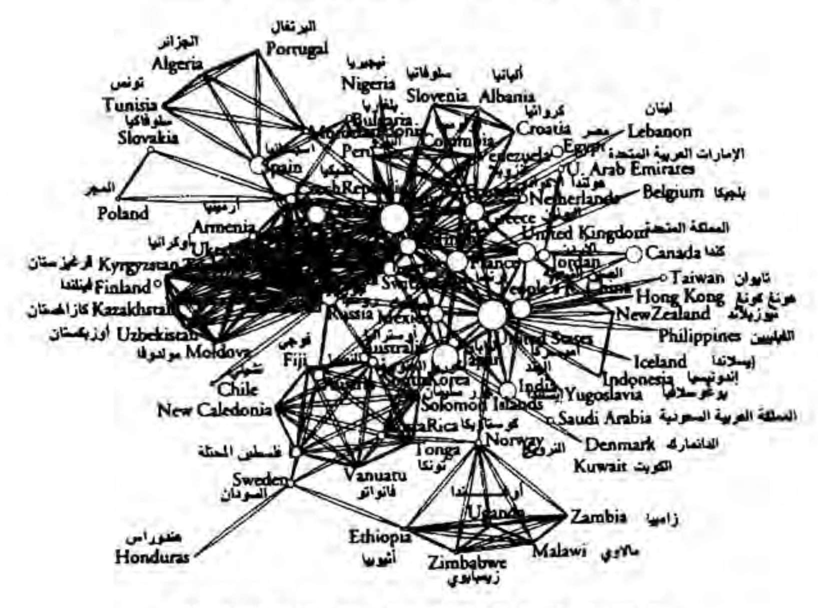
ومـــن أجل نظرة عامة على العلوم العالمية، يمكننا أن نمضي في عملية التجميع إلى أبعـــد من ذلك حتى عبر جمع كل العلماء في بلد واحد ضمن عقدة واحدة ثم دراسة أنماط التعاون العابرة للحدود الوطنية من أجل مجال بعينه. تبين هذه العملية أن حصة التأليف العلمي الدولي المشترك، أي المؤلفات التي وضعها مؤلفون مقيمون في بلـــدان مخـــتلفة كنـــسبة من جميع المؤلفات، تضاعفت تقريباً بين عامي 1990 و2000. ففي عام 1990، كانت نسبة المؤلفات التي وضعت بتعاون دولي قريبة من 9 بالمئة من جميع المقالات المنشورة في المجلات المعروفة دولياً. وارتفعت هذه النسبة في عـــام 2000 إلى مـــا يقارب 16 بالمئة[6]. وزاد عدد الدراسات العالمية على نحو ملحـــوظ نوعاً ما في العقد نفسه بمعدل أسرع من عدد المقالات المشتركة المعتادة علـــى المستوى الوطني. وبين عامي 1980 و1998، زادت أعمال التأليف المشترك علـــى المستوى الوطني بنسبة 26 بالمئة، بينما زادت أعمال التأليف المشترك الدولي بنسبة 45 بالمئة[7]. ويستشهد علماء آخرون بهذه المقالات الدولية المشتركة أكثر من



الشكل 4-1. شبكة التعاون في مجال علم الزلازل، 1990

المصدر: حسابات المؤلف.

أ وردت أسماء البلاد بشكلها الذي كان قائماً عام 1990. أما العقد المعزولة فتمثل مؤسسة نشرت مقالة في مجال علم الزلازل عام 1990 وكانت هي الكاتب الوحيد للمقالة.



الشكل 4-2. شبكة التعاون في علم الزلازل، 2000

المصدر: حسابات المؤلف.

غيرهـــم، وهـــذا يشير إلى أنها قد تكون أعلى جودة[8]. وبالمثل، فقد ارتفعت كثافة شـــبكة العلوم العالمية إلى ثلاثة أضعافها في العقد الأخير من القرن العشرين، وهي عدد الروابط بين العقد في الشبكة مقسوماً على عدد الروابط المحتملة. ونتيجة لهذا النمو في التعاون الدولي، أصبحت المسافة الوسطية بين أي عالمين في الشبكة أقصر من حيث عدد الخطوات اللازمة للوصول إلى أي شخص على صلة بشخص آخر في الـــشبكة. وبـــذلك يكون الباحثون المتعاونون على المستوى العالمي على مسافة اثـــنين إلى أربعـــة "لقـــاءات" بين كل منهم، وهم يستفيدون على نحو واسع من الروابط الضعيفة والعوالم الصغيرة[9]. فهذه الصلات تساعد على الجمع بين قدرات تكميلية أو تكاملية من أجل الخروج بأفكار جديدة.

النمو عبر الأكاديمية العالمية الخفية

نتـــناول هـــنا دراســـة أربع حالات للتعاون في تخصصات مختلفة أثناء عشر سنوات وذلك بهدف البحث في الأسباب الكامنة وراء التحول في تنظيم العلوم. تم اختـــيار هـــذه الحقول لاختبار الفرضية القائلة إن القوى المنظمة التي ناقشناها في الفـــصل الثاني (سواء أكانت الموقع المركزي أو الموزع والتنظيم الصاعد أو الهابط) تحدد ما إذا كان العلماء أكثر قابلية للتعاون على المستوى الدولي[10]. ويمثل كل من المجالات التالية مزيجاً مختلفاً من هذه العوامل:

– **الفيـــزياء الفلكية**: غالباً ما تعتمد على أجهزة مركزية كبيرة الحجم يمكن أن تكون بمنـــزلة محفز للتعاون؛ وعادة ما تؤدي إلى مشروعات في العلوم الكبرى.

– **المـــنطق الرياضي**: لا يتطلب أي معدات أو أجهزة، وبالتالي فإن التعاون ينـــشأ فقـــط من اهتمامات الباحثين. وعادة ما يكون التعاون في هذا المجال منسقاً (موزعاً وصاعداً).

– **علـــوم التربة**: لها تطبيقات في كثير من البلدان، لكن الحصول على أنواع محددة من التربة قد يتطلب السفر والتعاون. وبالنتيجة فإن هذا المجال يتميز بالتعاون الجيوتكنيكي.

– **دراســـة الفيروســـات**: تمثل موضوعاً بحثياً موزعاً على مستوى العالم مثل علـــوم التربة، لكن له روابط وثيقة بالصناعة والتجارب السريرية والوقائع المرضية.

وهـــذا ما يجعل العمل التعاوني هنا منسقاً وموزعاً معاً، مما يضع هذا المجال في الفئة التشاركية.

بدأ التحليل عام 1990 بنظرة إلى المستويات المختلفة للروابط الدولية من أجل كــل من هذه المجالات. وهو ما ينعكس في عدد المقالات من أجل كل مجال كما يوضــح الجـــدول 4-1. تبين المجالات الأربعة مجالاً واسعاً من مستويات النشاط، سواء على الصعيد المحلي أو الدولي. حيث شهدت الفيزياء الفلكية نشر عدد ضخم مـــن الدراســـات العالمـــية. وكان التعاون الدولي بالمقابل متواضعاً في مجال المنطق الرياضـــي. وبالـــرغم من ذلك، زاد العدد الهائل من الدراسات التي نشرت على المـــستوى العالمي بنسبة لا تقل عن 20 بالمئة خلال التسعينيات في كل من الحالات المذكـــورة. وبلغـــت هـــذه الزيادة أكبر قيمة لها عند 136 بالمئة من أجل المنطق الرياضـــي الذي بدأ من قيمة منخفضة جداً. بينما كانت الزيادة الأدنى من نصيب دراســـة الفيروسات التي ربما كانت في الأصل مجالاً من العلوم يتمتع بصلات دولية قبل عام 1990[11].

الجدول 4-1. ملخص بيانات مأخوذة من دراسة الحالات

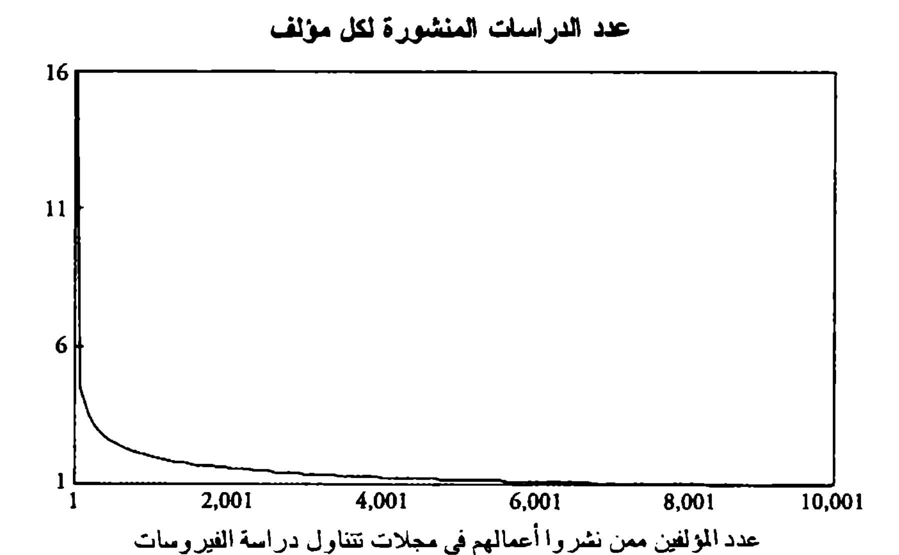
الحالة العيانية	عدد المجلات في المجموعة، عام 2000 (سنة الأساس)	عدد المقالات المنشورة في مجموعة المجلات			عدد المقالات المشتركة دولياً في مجموعة المجلات			نسبة المقالات في المجموعة التي تم تأليفها بتعاون دولي	
		1990	2000	النسبة المئوية للزيادة	1990	2000	النسبة المئوية للزيادة	1990	2000
الفيزياء الفلكية	14	4,472	6,547	46	1,301	3,097	138.0	29.0	47.3
المنطق الرياضي	6	131	309	136	27	117	333.3	21.0	37.9
علوم التربة	10	968	1,382	43	107	453	323.4	11.0	32.8
دراسة الفيروسات	9	2,311	2,878	25	327	676	106.7	14.0	23.5

المصدر: حسابات المؤلف.

ومما يثير الدهشة أن التشارك في التعاون الدولي ينمو بمعدل أعلى بكثير في كل من المجالات عندما يبدأ من الأساس[12]. وهذا يشير إلى أن العلماء في جميع المجالات كانـــوا مهـــتمين بإنشاء روابط تتجاوز الحدود الوطنية، بصرف النظر عن القوى المـــنظمة في العمـــل. زادت الروابط الدولية في المجالات الأربعة كلها، سواء كان التخصص يتطلب معدات متخصصة أم لا، وسواء كان الباحثون بحاجة إلى السفر للوصـــول إلى الموارد، أم كانوا يبحثون عن أفكار جديدة فقط. وبتعبير آخر، وهو المهـــم في هذا السياق، نقول إن الأسباب المادية للتعاون لم تكن هي العامل الحاسم في نمو العلوم العالمية.

يتميـــز كـــل من هذه المجالات بخصائص مميزة يمكن أن تؤثر في قرار العلماء بالـــتعاون. ورغم ذلك فإن جميع المجالات تبدي نماذج متشابهة من النمو في أعمال التأليف المشترك دولياً. وتختلف العوامل من مجال إلى آخر، مثل الحاجة إلى تشارك الأجهـــزة أو الوصول إلى الموارد. لقد درس "وولفغانغ ويلك" التربة، لذلك اضطر إلى السفر مسافة طويلة من أجل إيجاد ظروف معينة من شأنها أن تدعم بحثه. وأراد "هـــارو ساتو" دراسة نتائج الهزة الأرضية، فكان عليه أن يشارك بياناته عبر العالم وأن يـــزور مواقـــع محددة. وكان "ليجي بيرو" مهتماً بجمع بيانات عن النجوم من عدة أماكن في العالم، لذلك لم تكن فكرة السفر واردة بالرغم من أن التعاون كان حاسمـــاً. وقد أثرت كل من هذه الظروف الخاصة في كل قرار بشأن مكان إجراء البحث وكيفية إجرائه في مجالات محددة. لكن بسبب نمو التعاون في جميع المجالات، فلـــيس من الممكن أن نحدد أياً من هذه العوامل هو الدافع الأساسي وراء التعاون العالمـــي. ومهمـــا يكن العامل الذي أدى إلى ظهور الأكاديمية العالمية الخفية على المستوى العالمي، فالظاهر أن تأثيره امتد على نطاق واسع جداً.

لكـــن الـــنقطة الأكثر إثارة للانتباه، هي أنه إذا وضعنا الرسم البياني لتوزيع التأليف الدولي المشترك ضمن كل مجال، بحيث يكون عدد المؤلفات المشتركة على المحـــور الأفقي وعدد الباحثين المشاركين في ذلك المستوى من التعاون على المحور الـــشاقولي، ينتج لدينا توزيع يتبع قانون القوة (انظر الشكل 4-3). ويبدي التعاون ضمن كل من هذه المجالات بنية شبكة ذات مقياس حر[13]. فهناك قلة من الباحثين النشطين جداً في التعاون الدولي، لكن معظم حالات التعاون لا تحدث إلا في مناسبات



الشكل 4-3. تواتر المؤلفات في دراسة الفيروسات، 2000

المصدر: معهد الإعلام العلمي وحسابات المؤلف

قليلة. وهكذا يكون الباحثون المتعاونون الأكثر نشاطاً هم المحاور، فتزداد أهميتهم مع الزمن استجابة لدينامية الارتباط التفضيلي. وبالمختصر، فإن البنية الأساسية للمجالات الأربعة جميعاً ذات نظام تكيفي معقد ذاتي التنظيم، وهي البنية ذاتها التي يمكن أن نصادفها في النظام البيئي للغابة وفي الاقتصاد القائم على السوق وفي العقل البشري وفي كثير من النظم المعقدة الأخرى.

التنظيم الذاتي في العلوم العالمية

لطالما كانت العلوم الحديثة تتسم بخاصية التنظيم الذاتي، كما يوضح الفصل الثالث. لقد نظمت جمعية لندن الملكية نفسها عبر الروابط الضعيفة والعوالم الصغيرة والمصالح المشتركة بين مجموعة متنوعة من الأشخاص. كما تواصل أعضاء الجمعية الملكية في وقت مبكر من أجل تبادل الأفكار وصياغة الأساليب والتحقق من النتائج. وأثناء القرون الثلاثة التالية، زادت أهمية التواصل والتعاون في العلوم[14]. لكن الحدود السياسية والجغرافية والثقافية في القرن العشرين قيدت قدرة العلماء على تنظيم أنفسهم في شبكات عالمية، وهو ما جعل إنتاج المعرفة أقل كفاءة مما لو كان الوضع بخلاف

ذلك. فأثناء الحرب الباردة، على سبيل المثال، وضع كل من الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي نظماً في العلوم والتكنولوجيا متكررة في الواقع عندما كان كل منهما يحاول هزيمة الآخر عبر تحقيق التقدم وتنفيذ التطبيقات في العلوم والتكنولوجيا.

أما على المستوى العملي، فإن العلماء يدركون بالطبع أن عملهم في خدمة المكانة الوطنية ساعد على تأمين التمويل لصالح العلوم. لكن المكانة الوطنية ليست هي العامل الذي يحفز العلماء في عملهم على مقاعدهم وحواسبهم في المختبرات. نرى العلماء ضمن نطاق مقاعدهم يسعون إلى حل المشكلات؛ ويسعون ضمن الشبكات الاجتماعية إلى طلب الاعتراف بعملهم وأفكارهم. وهذه هي القوى التي تدفع نمو الأكاديمية العالمية الخفية. لذلك لا بد من دراسة دوافع كل من العلماء لإلقاء نظرة ثاقبة على القوى المحركة للعلوم في القرن الحادي والعشرين.

لاحظ علماء مثل "روبرت ميرتون" و"ريتشارد وايتلي" أن الحافز الرئيس للعلماء هو الرغبة في الحصول على التقدير ونيل المكافآت[15]. فقد أحرز العلماء تقدماً في مهنهم باكتساب الاحترام والاهتمام من أقرانهم. وبالسمعة الحسنة التي اكتسبوها بنشر نتائج أبحاثهم، استطاع العلماء أن يستقطبوا التمويل والطلاب وأن يحققوا مزيداً من الحرية لمتابعة عملهم. فالاستقلالية في متابعة العالِم بحثَه هي في نهاية المطاف "كأس العلم المقدسة" عنده.

ومع نهاية القرن العشرين وانتهاء الحرب الباردة وبداية عصر المعلومات، أتاحت وفرة القدرات العلمية للعلماء فرصاً غير مسبوقة لإنشاء الروابط بينهم. وكان من شأن الرغبة في تعزيز سمعتهم ونيل الجوائز المرتبطة بالسمعة الحسنة دفع العلماء على نحو متزايد للعمل خارج جدران مختبراتهم وخارج مجالاتهم الجغرافية والتخصصية. فانتشر علماء أوروبا الشرقية في النظام العالمي، وخاصة عندما سقط الاتحاد السوفييتي، وأقاموا روابط جديدة مع زملاء آخرين ضمن مشروعات تعاون في جميع أنحاء العالم. ومع زوال القيود السياسية، تفوق الدافع وراء السمعة الجيدة على الولاء الوطني، ونمت العلوم العالمية بمعدل مذهل (انظر الجدول 4-2). وكما يبين الجدول، فقد زاد عدد البلدان الممثلة في شبكة للعلوم العالمية من 172 عام 1990 إلى 194 عام 2005، وتضاعف عدد الروابط إلى أكثر من أربعة أضعاف. لكن تحليلنا يستبعد، بالرغم من ذلك، الإنترنت والقوى السياسية والتنظيم الأساسي

الجدول 4-2. نمو الأكاديمية العالمية الخفية

قياس الشبكة	1999	2000	2005
عدد العقد (البلدان)	172	192	194
عدد الروابط	1,926	3,537	9,400
حجم المكون الأساسي	37	54	66
كثافة الشبكة[أ]	0.131	0.1929	0.2511
الدرجة المتوسطة[ب]	22.4	36.9	48.7
المسافة المتوسطة[ت]	1.95	1.85	1.76
القطر[ث]	3	3	3
معامل التجميع الوسطي[ج]	0.78	0.79	0.79

المصدر: حسابات المؤلف المستندة إلى بيانات من معهد المعلومات العلمية.

أ. تحسب "الكثافة" بتقسيم العدد الكلي للروابط ضمن الشبكة على عدد الروابط المحتملة.

ب. "الدرجة" هي عدد الروابط التي تربط العقدة بعقد أخرى.

ت. "المسافة" هي عدد الروابط في أقصر مسار بين عقدتين.

ث. "القطر" هو العدد الأقصى من الروابط المطلوب للانتقال من عقدة إلى أي عقدة أخرى في الشبكة.

ج. "معامل التجميع" لعقدة ما هي عدد الروابط بين العقد المجاورة لها مقسوم على عدد الروابط التي يحتمل أن توجد بينها.

للعلـــوم كقوى دافعة وراء هذا النمو. ويبقى التفسير الوحيد هو أن هذه التغييرات نتجت عن القوة ذاتها التي ترتكز عليها النظم التكيفية المعقدة الأخرى، وهي تطبيق بضع قواعد جديدة.

قواعد سهلة في شبكة معقدة

لنتذكر من المناقشة الواردة في الفصل الثاني أن القواعد السهلة تقع في صلب الكـــثير مـــن النظم بالغة التعقيد، ويمكن استناداً إلى ظروفها ومصادرها الأولية أن تولد مجموعة ضخمة من النتائج[16]. والآن بما أننا نعلم أن الشبكة العالمية تنظم ذاتها بنفـــسها وبعد أن وجدنا أنها نظام تكيفي معقد، يصبح السؤال: كيف يمكن تحديد القـــواعد الـــسهلة التي تؤدي إلى النظام التكيفي المعقد في الاتصالات العلمية على المـــستوى العالمـــي؟ وقد يقودنا ذلك شوطاً بعيداً للمساعدة في إنشاء نظام حكم فاعل لإدارة الشبكة العالمية.

إن الطريق عبر المتاهة هو البحث عن قواعد "إذا كان... فإن" التي تؤدي إلى تنظـــيم ذي نظام تكيفي معقد. وباتباع القاعدة القائلة "إذا كان الموقف يظهر سمة (أو سمـــات) X، فـــيجب اتخاذ الإجراء (أو الإجراءات) Y"، يستطيع أي شخص فاعـــل ضـــمن بيئة ما أن يتكيف معها وأن يسهم في تعزيز نظامها. إذ إن العناصر الأساســـية لإيجاد نظام من الفوضى تقع في هذه الصيغة السهلة، إلى جانب التغذية الراجعة والتكيف. ولا ينبغي تخطيط هذه العملية مسبقاً؛ لأنها غالباً ما تنظم نفسها في الواقع ذاتياً.

يقدم "جون هولاند" مثالاً على هذه القواعد البسيطة في كتابه *النظام المخفي (Hidden Order)*: ويوضح قائلاً: "إننا نرى الأشجار مراراً وتكراراً، بالرغم من أننا لا نـــرى الشجرة ذاتها بالطريقة ذاتها أبداً. فاختلاف الضوء والزوايا يعطينا انطباعاً جديـــداً على شبكية العين في كل مرة نرى فيها الشجرة. ومع ذلك، فإن إسقاط التفاصيل يجعلنا نرى الأشجار في جميع أنواع السياقات وبتنوع مدهش"[17]. وبتعبير آخر، لسنا مضطرين إلى محاولة تحديد كل من التفاصيل الخاصة بأنواع غير مألوفة مـــن أجل البت بأنها شجرة. بل من الطبيعي أن نستخدم مختصرات مثل: "إذا كان للجسم جذع وفروع وأوراق، فهذا يعني أنه شجرة".

كـــذلك فـــإن القواعد الأساسية الموجهة للتعاون العلمي سهلة. فالأشخاص الذين يبحثون عن فرص بحثية جديدة يدركون القاعدة التي تقول: "إذا كانت هذه الـــرابطة تمكـــنني مـــن الحصول على البيانات أو التمويل أو الأفكار التي سوف تـــساعدني علـــى تحقيق تقدم في بحثي، إذاً علي أن أسعى لإقامة هذه الرابطة". أما أولـــئك الذين اعتمدوا أسلوب توفير الموارد فيتبعون صيغة مشابهة: "إذا كان هذا الـــتعاون ســـوف يساعدني على تحقيق التقدم في بحثي أو على نشره، إذاً علي أن أشـــارك فيه". إن هذه القواعد صحيحة في جميع مجالات العلوم مهما يكن تنظيمها أو أساس مواردها. وهي توضح تكوّن الروابط التي تؤلف الأكاديمية العالمية الخفية، فـــضلاً عن ظاهرة الارتباط التفضيلي. ومع تألق سمعة العالِم والازدياد السريع في فـــرص حصوله على موارد حيوية مثل البيانات والأجهزة والتمويل، يزداد احتمال أن يكـــون الباحـــثون الآخرون راغبين في إنشاء رابطة معه. وكلما أصبح معروفاً أكثـــر، زادت صعوبة إرضائه عندما يتعلق الأمر باختيار من يتعاون معه. فالبحث

يجـــري على نطاق واسع وراء العلماء المشهورين من أجل التعاون معهم في إجراء الأبحـــاث. وهكـــذا فـــإن العلماء المشهورين لا يتميزون بوجود عدد من شركاء الأبحـــاث أكـــبر مما لدى الباحثين الأقل شهرة فحسب، بل أيضاً بوجود أشخاص أفضل يتعاونون معهم.

يعمـــل الارتـــباط التفـــضيلي عبر المجالات وضمنها أيضاً. ويبدو أن السمعة الحسنة تتمتع في الواقع بتأثير أقوى حتى على إنشاء الروابط عبر التخصصات. ولأن محدودية تدفق المعلومات تزداد عبر المجالات، تصبح السمعة الحسنة أحد المؤشرات القليلة التي يمكن أن يعتمد عليها الباحث في تحديد شريك جدير بالثقة.

إن هذه العملية الديناميكية المتمثلة في السعي وراء الحصول على الموارد وبناء سمعـــة حـــسنة تُحدث فرزاً دائماً للناس، حيث تنشأ الروابط وتنقطع مع الزمن، ونـــادراً ما تبقى مستمرة. وبسبب الالتزامات الاجتماعية التي تنشأ في المجموعات، فمـــن الأرجح أن تستمر مشروعات التعاون عندما يعمل الباحثون جنباً إلى جنب. وبالـــرغم من ذلك، من الصعب إيقاف مشروع تعاون عند نشوء التزام اجتماعي. وهـــذا يشير إلى سبب محتمل واحد وراء ازدياد جاذبية العلاقات المتباعدة جغرافياً، تلك التي تصبح نشطة على المستوى الدولي، ونموها بهذه السرعة. فإذا عملت جنباً إلى جنب مع أحد الأشخاص، فسوف تعلم ما يعرفه وسوف تتكون لديكما وجهة نظر مشتركة. أما إذا كنت تبحث عن أفكار جديدة، فعليك أن تخرج من دائرتك المعـــتادة. كذلك من السهل نسبياً، على المستوى الدولي، أن تنهي علاقة تبين أنها غـــير مجدية. وبتعبير آخر، فإن السبب الدقيق وراء نمو التعاون الدولي هو أنه أكثر صعوبة، وأنه يشمل بالرغم من ذلك عدداً أقل من الالتزامات الاجتماعية.

الفوز بفرصة دخول النظام

إن الأكاديمية العالمية الخفية تنظم نفسها ذاتياً اعتماداً على قواعد سهلة نسبياً يجـــري وضـــعها واتباعها على مستوى الفرد. لكن هذا لا يعني أن الشبكة الناتجة بسيطة، ولا يعني أنها تقدم فرصاً متكافئة. فمن الواضح أن الارتباط التفضيلي يعمل لصالح أولئك المتربعين على قمة النظام، سواء نظرنا إليهم كعلماء أفراد أو كبلدان بأكملها. لكنها تضع عراقيل في طريق الوافدين الجدد الذين ليس لديهم إلا القليل

ليقدموه فيما يتصل بالموارد أو السمعة الحسنة. لذلك يمكن أن تكون شبكة العلوم العالمية مفتوحة، لكنها ليست متاحة أمام الجميع بصورة متكافئة. وهكذا فالأشخاص الذين لديهم صلات أقل قوة أو الأشخاص الأقل شهرة يمكن أن يلاقوا صعوبة عند المشاركة الكاملة في النظام. إن المنحني شديد الانحدار في توزيع قانون القوة الذي يميز الشبكات ذات المقياس الحر هو كناية عن صعوبة جذب انتباه الأشخاص الذين لديهم إمكانيات أكبر يقدمونها ضمن الشبكة. وللتمكن من دخول النظام، على سبيل المثال، ينبغي على البلدان النامية أن تستفيد من القوى التي تدفع الشبكات وأن تتعلم كيفية جذب مساعدة العلماء حول العالم.

هجرة الأدمغة أم اكتساب العقول؟

في وقت مبكر من صباح الثالث من آب/أغسطس عام 1997، تلقى "س. ك. سينغ"، وهو عالم زلازل في معهد الجيوفيزياء في مكيسكو سيتي، مكالمة هاتفية من ممثل للبنك الدولي. وكانت هزة أرضية مدمرة قد ضربت منطقة جبلبور في الهند قبل شهر، فسأل ممثل البنك الدولي "سينغ" عما إذا كان يرغب في الانضمام إلى لجنة استشارية لمساعدة الهند على بناء قدراتها في مجال البحوث الزلزالية، فوافق بسرعة. يقول "سينغ": "اغتربت عن الهند منذ كان عمري عشرين عاماً ولم أكن أعرف المنطقة جيداً، ولم أكن واثقاً ما إذا كانت لدي مؤهلات أكثر من غيري، لكنها كانت فرصة جيدة لإجراء بعض الأبحاث العلمية المهمة"[18].

زار "سينغ" جبلبور، بمنحة من البنك الدولي وتمويل من حكومة الهند، للقاء علماء الزلازل المحليين وإجراء مسح للأرض. كما انضم إلى مشروعات بحثية تعاونية، فدعا اثنين من العلماء الذين التقى بهم في جبلبور للعمل معه في المكسيك مدة شهرين. كانت العلاقة في هذه الحالة من جانب واحد إلى حد بعيد، ويوضح "سينغ" قائلاً: "عادة ما يكون التعاون بحيث يأتي كل شخص بشيء ما، لكن هؤلاء الأشخاص لم يعرفوا حقيقة هذه التقنية، بالرغم من أنهم كانوا علماء متمرسين. لذلك قمنا بتدريبهم كطلاب في مختبري على استخدام أحدث المعدات الزلزالية"[19].

سمعت قصصاً مشابهة لما رواه "سينغ" من كثير من العلماء الذين عملوا مع زملاء لهم في بلدان نامية. وفي كثير من الحالات، كان لدى العلماء من البلدان

المستقدمة علمياً سبب شخصي ومهني للعمل مع زملاء من البلدان النامية. ويمثل هؤلاء الباحثون جزءاً من الشتات العلمي الذي يلعب دوراً يزداد أهمية في الأكاديمية العالمية الخفية. وإذا عدنا عبر التاريخ، نجد أن انتقال الباحثين من البلدان النامية إلى المتقدمة أثار قلقاً بشأن "هجرة العقول". ويصف هذا المصطلح خسارة البلدان قليلة الموارد للجزء الأهم من مواردها البشرية التي تتمتع بهبات وقدرات عقلية فذة إلى البلدان الأكثر تطوراً. فإذا تلقى العلماء والمهندسون من العالم النامي تعليماً في بلدان أكثر تقدماً، فهم يسهمون في التفوق العلمي والتطور الاقتصادي للبلدان التي يمارسون فيها مهنتهم، وليس للبلدان التي ولدوا فيها. ويعتبر كثير من المحللين أن هجرة الأدمغة هي السبب في أن قدرات كثير من الدول محدودةٌ في مجال تطبيق الحلول العلمية والتقنية على المشكلات المحلية[20].

ربما كان الخوف من هجرة الأدمغة منطقياً في عالم تتوقع فيه الحكومات الوطنية أن تستولي على المكاسب المالية المتولدة عن القدرات العلمية الواقعة ضمن حدودها. لكن هذا التحليل للكلية الخفية الجديدة يشير إلى ضرورة إعادة تقييم التكاليف والمنافع المترتبة على الحركة العالمية للعلماء بعيون جديدة. فمن الواضح أن أي بلد يسعى إلى الاستفادة من منافع العلوم الحديثة بحاجة إلى مساعدة من علماء ومهندسين وفنيين مهرة. ويجب أن يتحدث هؤلاء لغة العلم وأن يفهموا معاييره، إضافة إلى امتلاك المهارات والمعرفة المرتبطة بكل تخصص. لكن معرفة المكان الذي يجب أن *يشغله* هؤلاء الأشخاص على نحو يعود بالفائدة على بلد ما أو منطقة ما تصبح أقل وضوحاً في العالم التشبيكي. هل ينبغي أن يكون لدى البلد علماؤه حتى يكون جزءاً من الأكاديمية العالمية الخفية؟ وهل يتعين على هؤلاء العلماء أن يعملوا في مختبرات ضمن حدوده؟ هل يجب أن يعملوا في المكان نفسه؟ كيف ينضم الناس إلى فريق أو شبكة موزعة؟ وكيف يمكن للبلدان أن تستفيد من المعرفة التي يولدها هؤلاء العلماء وأن تصل إلى استيعابها وتطبيقها؟

الوكلاء الأحرار (Free Agents)

ينبغي أن تبدأ أي مناقشة لدور الأفراد في الأكاديمية العالمية الخفية بملاحظة أن كل عالم أو مهندس، وكل طالب أو خريج، هو المكافئ العلمي لمصطلح "الوكيل

الحر" في الرياضة. فالعلماء والمهندسون يتمتعون بحرية في متابعة اهتماماتهم ومهنهم في أي مكـــان تقودهم إليه. ولا يمكن الاتكال على أنهم يقدرون ولاءهم لبلدانهم أكثـــر مـــن ولائهـــم للعلم ولمستقبلهم المهني. وبعضهم يفعل ذلك بالطبع، بل إن البعض يغيرون طريقهم لمساعدة بلدانهم الأصلية. لكن لا يمكن لواضعي السياسات أن يفترضـــوا وجود هذا الولاء. فسوف يسعى معظم العلماء إلى تعزيز سمعتهم أو الوصـــول إلى الموارد، مهما تكن مصلحة بلدانهم الأصلية، بل وربما على حسابها. يمكن للبلد أن يدرب علماءه أو مهندسيه، لكن لا يستطيع إرغامهم على البقاء إلا بصعوبة بالغة. وإذا كانوا جيدين في مجال اختصاصهم، فيمكن أن يحظوا عاجلاً أو آجلاً بفرصة أفضل تغريهم بترك بلدانهم.

لننظـــر في حالـــة "إليـــنا روزكـــوفا". فقد نشأت "روزكوفا" في روسيا في الثمانينـــيات وكانت لديها أحلامها مثل كثير من غيرها من الشابات، وكان أهمها العثور على زوج وتكوين عائلة. وكان الفارق بالنسبة لروزكوفا الشابة أنها برزت أثـــناء مواصـــلة تعليمها كواحدة من ألمع العلماء الشباب في جيلها. وأدت الجودة العالـــية في عملها الذي قدمته لنيل درجة الدكتوراه في الكيمياء الحيوية إلى عرض بالحـــصول على زمالة ما بعد الدكتوراه في جامعة طوكيو في اليابان، وهي واحدة مـــن أهـــم مراكز الأبحاث العالمية في مجال العلوم متناهية الصغر. وحظي عملها في الـــيابان باعتراف دولي واهتمام من قسم الكيمياء في جامعة برينستون الذي عرض علـــيها فرصة قضاء بعض الوقت كباحثة خاصة لديه. ومن هناك، جذبتها جامعة شيكاغو إلى مركزها البحثي عندما عرضت عليها فرصة استخدام أحدث المعدات والأجهـــزة والـــتعاون مع كلية الطب، وكانت فرصة رائعة لا يمكن تضييعها. ثم الـــتقت في جامعـــة شـــيكاغو بعالم أمريكي أصبح زوجها في ما بعد، وحققا معاً حلمها القديم في تكوين أسرة، إلا أن هذه العائلة كانت في الولايات المتحدة حيث تقيم اليوم، لكنها بقيت عالمة شابة متفوقة، ولا تزال إلى حد بعيد وكيلاً حراً ضمن الأكاديمية العالمية الخفية[21].

اســـتطاع "أنانـــد بيلي"، وهو عالم رياضيات تدرب في المملكة المتحدة، أن يدرك المنطق الكامن وراء هذه الحركة: "في الرياضيات، الناس والأفكار هم الذين يتحـــركون وليس المال! وهكذا تحركت!". وبعد نيله درجة الدكتوراه، لم يستطع

"بيلي" أن يجد وظيفته المثالية في إنكلترا. وقاده بحثه عن الوظيفة المناسبة إلى جامعة ملك غيل في كندا. وها هو يوضح قائلاً: "لو كنت قررت البقاء في إنكلترا أصلاً، فلـــربما كان ذلك يعني أن أعمل شيئاً آخر، شيئاً مختلفاً عما تدربت على القيام به. وفي عـــام 1986، عـــندما سنحت لي فرصة العودة إلى إنكلترا، لم أجد سبباً كافياً للعـــودة إلى هـــناك"[22]. لقد استقر "بيلي" في النهاية في إحدى جامعات الولايات المتحدة. وأتيحت له إضافة لذلك فرص كثيرة للسفر والعمل خارج البلاد، وكان من بينها العمل كأستاذ زائر في اليابان وروسيا وبولندة وفرنسا.

ومـــن بين الأشخاص الذين شاركوا "بيلي" في مؤلفاته "شارون شيلح" الذي لا يقـــل عـــنه تمسكاً بمذهبه "التحولي"، وهو عالم رياضيات إسرائيلي في الجامعة العـــبرية في القدس وجامعة روتجرز في الولايات المتحدة. ويمثل "شيلح" واحداً من أنشط الباحثين في مجاله، فقد نشر نحو 900 مقالة مع نحو 200 من المؤلفين. ويتميز أيـــضاً بأنـــه واحد من المفضلين لدى "إردوس"، اعتماداً على أنه شارك في تأليف ثـــلاث دراسات مع "بول إردوس" وهو واحد من أغزر علماء الرياضيات في أي زمـــان[23]. فقـــد كتب "إردوس"، الهنغاري المولد الذي قضى معظم حياته المهنية متنقلاً بين المؤسسات البحثية، نحو 1500 مقالة بالتعاون مع 511 مؤلفاً[24].

يمكـــن اعتبار "إردوس" و"شيلح" مثالين إضافيين على هجرة الأدمغة، فقد أمضيا معظـــم حياهما المهنية خارج بلديهما الأصليين. لكن قصتهما تشير أيضاً إلى فوائد هذا "الحـــراك". فمن خلال اللقاء بالباحثين الآخرين وإثارة اهتمامهم، ينضم الأشخاص إلى شبكة العلوم العالمية ويعززون مكانتهم فيها. لكن البقاء في البلد الأم، من جهة أخرى، قد يعني الانعزال عن الأفكار الجديدة وإضاعة فرص الشراكة مع الآخرين. كذلك فإن معظـــم مشروعات التعاون تبدأ بلقاءات شخصية وجهاً لوجه، حتى في أيامنا[25]. يمكن أن تـــبدأ الاتصالات أو تستمر عبر الإنترنت، لكن هذه الأشكال من التواصل نادراً ما تـــؤدي وحـــدها إلى عمـــل تعاوني مهم. إذ تشترط القواعد غير المكتوبة للمشاركة الجماعـــية أن يتواجد الأشخاص معاً بأجسادهم في العمل، لبعض الوقت على الأقل. وبعد إنشاء هذا الاتصال، يمكنهم أن يستخدموا روابط افتراضية لمتابعة بحثهم التعاوني.

عـــادة ما يكون لكل عضو في الفريق تمويله الذاتي في هذه العلاقات التعاونية. وبتعبير آخر، فإن التمويل يأتي للباحث وليس للمشروع. وكما يشير "أناند بيلي":

الناس والأفكار يتحركون بسهولة أكبر من تحرك المال. ولأن الحكومات تقدم المال لـصالح العلم يكون نقل المال صعباً من الناحية اللوجستية، على سبيل المثال، من الـبلد A إلى عـالم في البلد B. أما حركة الأشخاص والأفكار حول العالم فتتم بسهولة بفضل سهولة التنقل جواً والسهولة الأكبر في التواصل عبر الإنترنت.

وليست هذه الحركة والتفاعلات بمنـزلة دافع لنمو الشبكة فحسب، بل هي أيـضاً تعزز نمو المهن الفردية. وهذا صحيح على وجه الخصوص من أجل خريجي الجامعات الذين يقومون بدور المكافئ المعرفي "للحمض النووي الساعي" "RNA"، كمـا يقول أحد العلماء[26]. وقد أخبرني كثير من الباحثين الذين أجريت مقابلات معهم أن إحدى الطرق التي تبقيهم على رأس أبحاثهم هي إرسال طلابهم الجامعيين إلى مواقـع الأبحاث حول العالم، حيث يجمع الطلاب البيانات ويسهرون الليالي في مـراقبة التجارب مع زملائهم. إنهم ينشئون روابط قيمة ويحملون معلومات مهمة من مؤسسة إلى أخرى. وبعد أن يصبحوا معروفين في مهنهم، يمكنهم أن يساعدوا في زرع بذور القدرات العلمية في بلدانهم الأم.

العودة إلى الوطن

يـزداد تـوجه طـلاب البلدان النامية نحو اختيار العودة إلى بلدانهم بعد إكمال دراسـاتهم. فقد أظهرت "مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية" (NSF) أن 47 بالمئة من طـلاب دراسات ما بعد الدكتوراه الصينيين في الولايات المتحدة ذكروا في عام 1980 أنهم وضعوا خططاً محكمة للبقاء في الولايات المتحدة. وفي عام 1993، زاد إجمالي عدد طـلاب مـا بعد الدكتوراه الصينيين في الولايات المتحدة، لكن نسبة من يخطط منهم للـبقاء في الـبلاد انخفضت إلى 45 بالمئة[27]. وبالمثل، فقد هبطت نسبة الطلاب الهنود الـذين يخططـون للبقاء في الولايات المتحدة من 59 بالمئة عام 1980 إلى 50 بالمئة عام 1993. وكـان التغير في أرقام كوريا الجنوبية أكثر وضوحاً: ففي عام 1993، كانت نسبة الطلاب الذين يدرسون في الولايات المتحدة والذين يخططون للبقاء فيها بعد نيل درجـاتهم الجامعـية 18 بالمئة فقط، مقارنة بنسبة 41 بالمئة من الطلاب الذين خططوا للـبقاء في البلاد عام 1980. لقد استطاع التطور الاقتصادي في جميع هذه الحالات أن يُوجِد فرصاً جديدة في البلاد الأم للباحثين الموهوبين المتدربين في الخارج.

إضافة لذلك، وكما يبين مثال "سينغ"، فإن كثيراً من العلماء المغتربين يجدون طرقاً للمساهمة في التطور العلمي في بلدانهم الأصلية. وقد أجرت مؤسسة "راند" دراسة شملت مئة من العلماء المقيمين في الولايات المتحدة، فوجدت أن ثلث العلماء الذين كانوا يتعاونون على المستوى الدولي كانوا يتعاونون مع أشخاص في بلدهم الأم[28]. كذلك فقد كان العلماء والمهندسون المولودون في بلدان أجنبية أكثر ميلاً لقبول أشخاص موهوبين من بلدانهم الأم وتدريبهم، وهذا ما عزز دورة إيجاد المعرفة وبناء القدرات. تستغرق هذه الدورة طويلة الأجل سنوات حتى تؤتي ثمارها، لكن من الواضح أنها تعمل لصالح كثير من البلدان التي قامت باستثمارات في قدراتها الأساسية، مثل فيتنام والصين والمكسيك وكوريا الجنوبية.

ويقوم الباحثون المولودون في بلدان أجنبية بدور جسور بشرية مهمة ومحفزات وروابط مالية بين العالم المتقدم والعالم النامي. وهم عبر إجراء بحث تعاوني مع نظراء في بلدانهم الأصلية أو عبر العمل كمستشارين في مجالات علمية لمؤسسات خاصة أو عامة، يساعدون على تعزيز القدرات العلمية في البلدان النامية، وغالباً ما يكون ذلك مترافقاً مع تمويل من البلدان المتقدمة صناعياً، وهي ظاهرة يمكن أن نطلق عليها بصدق "اكتساب العقول".

وتقدم "أنالي ساكسنيان" حجة مماثلة في عملها حول وادي السيليكون. وهي ترى، في مقابل المخاوف من هجرة الأدمغة، أن كثيراً من الباحثين في وادي السيليكون المولودين في بلدان أجنبية يعودون في النهاية أو ينشئون شراكات مع شركات أو مؤسسات أخرى في بلدانهم الأم، فيعود هؤلاء العلماء المسافرون بمعرفة عملية وخبرات واتصالات قيمة إلى البلدان النامية التي ولدوا فيها[29]. وهم يسهمون في هذه العملية بإحداث مجتمعات تقنية عبر البلدان تسهل انتشار المعرفة حول العالم.

ومن ثم، فإن السؤال الذي يواجه دولة نامية مثل فيتنام أو الهند في مجال العلوم والتكنولوجيا ليس حول كيفية الاحتفاظ بالأذكياء في أوطانهم، ولا حتى بكيفية إعادتهم إليها، بل إن التحدي الحقيقي يتمثل في كيفية إدخال باحثي البلد في الأكاديمية العالمية الخفية ومن ثم جذب باحثين آخرين للعمل على المشكلات المحلية. وقد بدأ كثير من الحكومات مواجهة هذا التحدي عبر إرسال الطلاب خارج البلاد للحصول على تدريب متقدم. فزاد عدد درجات الدكتوراه في العلوم والهندسة الممنوحة في الولايات

المتحدة لغير مواطني الولايات المتحدة من 5100 في عام 1985 إلى 9600 في عام 2001، وفقاً لمؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية[30]. وخلال الفترة نفسها، حصل الطلاب الأجانب في الولايات المتحدة على نحو 148000 درجة دكتوراه في مجالات علمية، وارتفعت حصة هذه الدرجات الممنوحة لمواطني الدول الأجنبية من 26 بالمئة في عام 1985 إلى 35 بالمئة في عام 2001.

وعموماً، فإن منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (UNESCO) تقدر أن الولايات المتحدة استضافت 583000 طالب أجنبي في عامي 2001 و2002، مما يجعلها البلد الأول في استقبال طلاب من بلدان أخرى[31]، فهناك نحو 30 بالمئة من جميع الطلاب الأجانب يدرسون في الولايات المتحدة، ونصفهم تقريباً يدرسون في أوروبا. وتستقبل الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وألمانيا مجتمعة نصف الطلاب الأجانب في العالم. وإذا أضفنا البلدين التاليين في استضافة الطلاب (فرنسا وأستراليا)، فنجد أن هذه البلدان الخمسة تحتضن ثلثي الطلاب الأجانب في العالم. وبالمقابل، يبدو أن قلة من الطلاب يسافرون إلى الأقاليم الأقل تطوراً. وتمثل أمريكا الجنوبية الوجهة الأقل شيوعاً بالنسبة للطلاب الأجانب (فهي تستضيف 0.4 بالمئة فقط من الطلاب الأجانب في العالم)، تليها أفريقيا (بنسبة 1.2 بالمئة).

ويمثل الآسيويون نسبة مرتفعة من الطلاب الدارسين خارج بلدانهم، وخاصة على مستوى متقدم. فنسبة الطلاب الأجانب في الولايات المتحدة القادمين من آسيا تزيد على 60 بالمئة، وهناك أربعة طلاب من آسيا مقابل كل عشرة طلاب يتابعون عملهم على مستوى التعليم العالي في بلد أجنبي (ثلاثة من أصل عشرة هم أوروبيون وواحد بين كل عشرة أفريقي). ومن جهة أخرى، يزداد احتمال بقاء الطلاب من البلدان المتقدمة في أوطانهم. إذ يشكل الأمريكيون الشماليون أقل من اثنين بالمئة من إجمالي عدد الطلاب الأجانب، بينما نرى أن ثمانية من أصل عشرة طلاب أوروبيين يدرسون في بلد أوروبي آخر.

الانضمام إلى الشبكة

هناك 45 بالمئة من الطلاب الأجانب يدرسون في مجال تقني، وفقاً لمعهد التعليم الدولي، وهذا يشير إلى أن كثيراً منهم سوف يتمكنون على المدى البعيد من

المساهمة في تطور القدرات العلمية المحلية[32]. وينبغي على البلدان النامية والمؤسسات غير الحكومية أن تعزز هذه العملية عبر تشجيع الطلاب الشباب الأذكياء وتمويلهم للدراسة في الخارج. لكن السياسات العلمية لا يمكن أن تتوقف هنا. بل ينبغي على المؤسسات العلمية أيضاً أن تتأكد من الأماكن التي يتوجه إليها الناس ويستقرون فيها، وهي مهمة تتعقد إلى حد كبير بسبب المخاوف المتعلقة بالخصوصية. إضافة إلى ذلك، وللتأكد من أن هذا الانتشار يؤدي إلى اكتساب العقول وليس إلى هجرة الأدمغة، يتعين على الحكومات أن تجعل التعاون مع الباحثين المحليين عملية جذابة بالنسبة لكل من "الوكلاء الأحرار" الذين يسافرون إلى الخارج وللكلية الخفية الجديدة بصورة عامة. وربما شمل ذلك تحديد صعوبات بحثية مهمة، أو إتاحة بيانات أو موارد فريدة من نوعها أو تأمين التمويل للمشروعات المستهدفة أو استضافة المؤتمرات التي تنتج فرصاً لكبار العلماء من أجل التركيز على الفرص والمشكلات المحلية.

تشترك جميع هذه السياسات في هدف مشترك: الانضمام إلى الشبكة. فهي تمثل المصدر الحاسم. إن الطريقة الأفضل لإيصال المعرفة إلى الأشخاص الذين يحتاجونها هي توسيع نطاق الأكاديمية العالمية الخفية ومداها. وبدلاً من محاولة السيطرة على انتشار الباحثين والأفكار، ينبغي على واضعي السياسات التركيز على إيجاد بيئة تشجع الباحثين على تنظيم أنفسهم ذاتياً في سعيهم وراء أجوبة للمشكلات المهمة، لأن من شأن ترك الباحثين ليجدوا الأماكن التي تمكنهم من القيام بعملهم على الوجه الأفضل وتشجيعهم على انتهاز الفرص التعاونية واختيارها أن يزيد كفاءة نظام المعرفة ككل. لكن تبقى مشكلة أخرى وهي إيصال المعرفة في ما بعد إلى الأماكن التي هي بأمس الحاجة إليها. ويتطلب حل هذه المشكلة فهماً أفضل لجغرافية المعرفة، وهو موضوع الفصل التالي.

الفصل الخامس

الجغرافية الافتراضية للمعرفة

إنــنا ندخل أرضاً جديدة. ولعلنا نبالغ في جرأتنا إذا افترضنا أننا يمكن أن نفهم قارة جديدة عندما نهبط على شواطئها الأقرب لأول مرة. إننا نبحث عن إطار فكري جديد لمــا لم يوجد بعد. ليس لدينا في أي مجال من العلوم أسلوب كاف لدراسة توقفنا في مــرحلة ما بين الانتقال إلى التنظيم الذاتي والاختيار والفرصة والتصميم أو للتحدث عــن ذلك. ليس لدينا إطار يكفي لوضع القانون في علم تاريخي ولوضع التاريخ في علم قانوني.

ستيوارت كوفمن، *الكون بيتي: البحث عن قوانين التعقد والتنظيم الذاتي*
(مطبعة جامعة أوكسفورد، 1995)، ص 185.

يــؤكد الفصل السابق على دور "الوكلاء الأحرار"، أولئك الباحثين الأفراد الذين يمكن أن يتحركوا بحرية ضمن الشبكة العالمية في الكلية الخفية. فقد ساهمت الحرية في متابعة الاهتمامات والفرص حول العالم بالشيء الكثير نحو كسر التركيز الــوطني للعلــوم الذي ساد لفترة طويلة من القرن العشرين. لكن الجغرافيا تحتفظ بــدور مهم إذا كانت متغيرة. فالكلية الخفية ليست موجودة في مكان واحد، بل هــي تطوق [تشمل] العالم بحكم تعريفها. ومع ذلك، نرى أن العلم يمارَس بكثافة أكبر في بعض المناطق وبدرجة أقل في مناطق أخرى.

ثمــة مشروعات تحقق نتيجة أفضل إذا ما نفذت في مناطق معينة. ويمكن أن تقع المشروعات الأخرى في أي مكان من العالم، لكنها قد تتطلب مشاركة الموقع بــين كثير من الأفراد والنشاطات، على الأقل إذا كنا نريد إجراء البحث بكفاءة. وحــتى عندما يكون التعاون الموزع خياراً قابلاً للتطبيق، تبقى اللقاءات الشخصية وجهــاً لوجه نقطة انطلاق حاسمة أو جزءاً مهماً من كثير من المشروعات. ورغم الــنمو في كفاءة تكنولوجيا الاتصالات، فهي لا تستطيع أن تقدم جميع المنافع التي

يقـــدمها العمل جنباً إلى جنب. وهذا صحيح على مستوى الباحثين الأفراد الذين يتـــشربون معرفة ضمنية قيمة (إذا تعذر قياسها) عبر العمل في المختبر نفسه، وعلى مـــستوى الاقتـــصادات التي تستفيد من "الكميات الفائضة" الناتجة عن المجمعات الجغرافية البحثية[1].

ولـــذلك فإننا ننقل التركيز في هذا الفصل من الأشخاص إلى المكان. يتناول الفصل الجغرافية الحالية للعلوم والعوامل التي تحفز توزع النشاط العلمي ويستكشف الـــسبب في أهمية هذا التوزيع، ويبحث أيضاً في كيفية توزيع منافع العلم على نحو أكثـــر إنصافاً. تبدأ المناقشة بنظرة إلى كيفية تأثير المكان على التعاون على المستوى الفردي.

من البرازيل والصين إلى الولايات المتحدة

خـــلال التـــسعينات أثـــنار "فـــرانك إ. كاراز" وهو اليوم الأستاذ المتميز لـــــ "كـــونت أو. سيلفيو" في جامعة ماساتشوستس في إمريسيت، اهتماماً كبيراً خلال التسعينيات في مجال علوم البوليميرات (Polymers) عندما أوجد مادة دعاها "البولـــيميرات ذات الروابط المتبدلة". فقد استطاع أن يجعل هذا النوع الجديد من "البولـــيميرات" يـــصدر الضوء بتمرير تيار كهربائي خلاله. ربما كان ذلك مشابهاً لاســـتخدام بطاريـــة وسلك لإضاءة طبق طعام، وهو جسم غير موصل للكهرباء. أحـــدث اكتـــشاف "كاراز" ثورة في مجال البوليميرات والبصريات وقدم إمكانية تطويـــر أشكال جديدة من الإضاءة ولوحات العرض ذات الوزن الخفيف. كذلك جعله يفوز بالعديد من الجوائز ويحظى بشهادة الكثيرين، وهو ما وضعه على رأس مجال تخصصه. فتألق نجمه في سماء مشروعات التعاون.

وفي عـــام 2000، نـــشر "كاراز" دراسة استُشهد بها كثيراً تتناول خصائص البوليميرات متغيرة الروابط التي تصدر الضوء[2]. كان المشاركون في وضع الدراسة قـــد أقبلوا من عدة بلدان. وكانت "د. إ. أكسيلرود" عالمة برازيلية تقضي إجازة مـــدتها ســـنة في ماساتشوستس، وكانت قد التقت بالدكتور "كاراز" عندما زار البرازيل في سياق تبادل علمي. وكانت "أكسيلرود" قد جلبت معها "م. ر. بينتو"، وهـــو باحث في الدراسات ما بعد الدكتوراه من جامعة ريو دي جانيرو؛ وكانت

غايته من المساهمة في الدراسة التي أجريت عام 2000 تركيب بوليميرات لاستخدامها في التجارب. كذلك ساهم "بن هو" في المشروع، وهو طالب دراسات ما بعد الدكتوراه، فتولى تحليل النتائج.

عادت "أكسيلرود" في ما بعد إلى وظيفتها الجامعية في البرازيل حيث تتابع اليوم مسار البحث الذي بدأته في مختبر "كاراز"، فترسل عينات من البوليميرات متغيرة الروابط إلى مختبر ماساتشوستس لإجراء القياسات وتستلم النتائج عبر الإنترنت. وهي أيضاً تحافظ على اتصالها بـ "بن هو" الذي عاد إلى الصين لإجراء أبحاث على المواد. لقد أوجدوا معاً مجمعاً لأبحاث البوليميرات ضمن الأكاديمية العالمية الخفية.

يمثل "كاراز" مثالاً على عقدة شديدة الجاذبية في شبكة العلوم العالمية. فقد تواصلت "أكسيلرود" مع "كاراز" لتحسين جودة بحثها، وهي تواصل اليوم عملها معه، بالرغم من أنهما لم يعملا بعد ذلك معاً في المختبر نفسه. وبدورها كانت "أكسيلرود" الرابط بين "بينتو" الشاب و"كاراز". فلم يكن "بينتو" ليتمكن وحده من الاتصال بـ "كاراز"، لكنه استطاع بفضل ظاهرة العالم الصغير أن يحظى بفرصة العمل مع واحد من ألمع العلماء في مجاله.

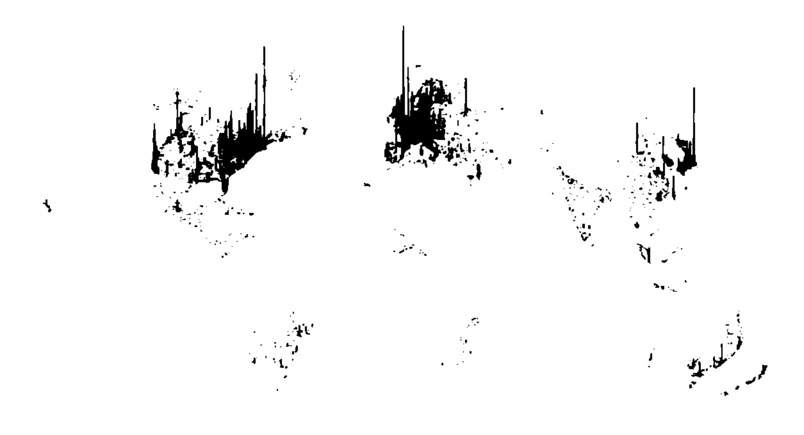
تتكرر تجربة هذا الفريق البحثي في آلاف الاتصالات بين العلماء الباحثين عن السمعة الجيدة والموارد والقدرات المكملة. ويكتسب الباحثون المعرفة والقدرات بالاستفادة من هذا النظام عبر الروابط القوية والضعيفة. ويجري تبادل نتائج بحثهم بسهولة عبر نظام من المنشورات. ويستطيع العلماء، نظرياً على الأقل، أن يصلوا إلى هذه النتائج من أي مكان في العالم حيثما وأينما يرون أنها قد تكون مفيدة. ومع ذلك فإن هذه النظرية خاطئة نوعاً ما، لأن كثيراً من المجلات لا تتوافر إلا عبر خدمة الاشتراك، وهو ما قد يجعلها بعيدة عن متناول الباحثين في الجامعات التي لا تملك موازنات كبيرة بما يكفي للسماح بالحصول على جميع الأدبيات العلمية.

ورغم ذلك، كان على الأفراد الذين يشكلون هذا الفريق أن يجتمعوا في بلدة صغيرة في غرب ولاية ماساتشوستس لتعزيز الاتصال في ما بينهم، وهناك أنشأ "كاراز" المولود في سلوفاكيا مختبره. لم تكن لدى "كاراز" الخبرة التي جمعتهم فحسب، بل كانت لديه المعدات المتخصصة أيضاً. وهو يقول بفخر: "مختبرنا مجهز بأحدث ما

توصـــل إليه العلم من معدات لإجراء أبحاث متقدمة على البوليميرات"[3]. إن لتوفر هذه الأجهزة، إضافة إلى قربها من كبار الباحثين، تأثير مهم على مكان حدوث التعاون.

التوزع العالمي للعلوم

أدت هـــذه العـــوامل، إلى جانب قوى الحدث التاريخي الذي جمع علماء من مستوى "كاراز" للعيش في الولايات المتحدة، وكذلك التوزع العالمي غير المتكافئ أبـــداً للـــسلطة والثروة، إلى تركز النشاط العلمي في عدد صغير نسبياً من البلدان، كما يبين الشكل 5-1. ويتحدد ارتفاع الخط في هذه الخريطة بعدد الدراسات التي نـــشرها باحـــثون من مؤسسات محلية. والجيد في الأمر أن الموهبة العلمية تظهر في كثير من الأماكن في العالم. أما النبأ السيئ المحتمل فهو أنها تتجمع على نحو كثيف في العـــالم المـــتقدم. والعـــالم بهذا الصدد بعيد عن أن يكون مسطحاً. تمثل الذرى الظاهـــرة في الخـــريطة حول مدن، مثل بوسطن ولندن وطوكيو، نتائج الاستثمار الـــوطني الضخم على المدى البعيد في مجال العلوم. ولطالما كانت هذه الاستثمارات ممكنة فقط بالنسبة للدول الغنية. فقد كان خمسة عشر بلداً فقط مسؤولاً عن نسبة 90 بالمـــئة مـــن الإنفاق العالمي على الأبحاث والتطوير في عام 2004[4]. وقبل عام 1960، كانت ستة بلدان مسؤولة عن النسبة ذاتها.



الشكل 5-1. النشاط العلمي متركز في عدد قليل نسبياً من البلدان

المصدر: الرسم الفني بقلم دبليو. برانفورد، وقدم البيانات "ريتشارد كلافانـــز" و"كيفين بوياك".

كـــذلك فـــإن الـــتوزع الجغرافي للإنفاق العلمي والمقدرات العلمية متفاوت وشـــديد التركيز ضمن هذه البلدان. ففي عام 2003، على سبيل المثال، أُنفق نحو ثلثي حجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير في الولايات المتحدة ضمن عشر ولايات فقـــط. وكانت ولاية كاليفورنيا وحدها مسؤولة عن أكثر من خُمس إنفاق البلاد على الأبحاث والتطوير والذي بلغ 278 مليار دولار في ذلك العام. وفي العام نفسه أيضاً، كان أكثر من نصف جميع مشروعات الأبحاث والتطوير الممولة من مصنّعي الحواسب والمنتجات الإلكترونية في القطاع الخاص يتم في ثلاث ولايات فقط وهي كاليفورنيا وماساتشوستس وتكساس[5].

وكما تشير هذه الأمثلة، فإن لكل مجال ضمن العلوم جغرافيا مختلفة، كما أن درجـــة تركـــز النشاط في مكان محدد تختلف باختلاف التخصص. فالمجالات التي تـــتطلب أجهـــزة معقـــدة ومكلفـــة، على سبيل المثال، وهي المجالات التي تتميز بـــــ "جاذبـــية" قـــوية جداً، تتجمع في بضعة مراكز بحثية. ومع ذلك، فإن موقع الأبحـــاث في معظم المجالات عادة ما يكون ضمن المدن الكبيرة في البلدان الغنية، أو قـــريباً مـــنها. وينطبق الأمر ذاته على مؤسسات التعليم العالي التي تدرب الطلاب وتجري الأبحاث على درجة عالمية. فهذه المؤسسات الأكاديمية تتركز على نحو كبير في بـــضع مـــناطق ضمن البلدان المتقدمة علمياً. والخلاصة هي أن الموارد اللازمة لابتكار المعرفة ليست منتشرة انتشاراً متكافئاً.

فـــضلاً عن ذلك، فليس من السهل على الآخرين الوصول إلى معظم المعارف الـــتي يـــتم إيجادهـــا في هذه المجمعات. فغالباً ما تنشر المقالات في مجلات محدودة الانتـــشار وبرسوم اشتراك ليست في متناول المؤسسات في البلدان الفقيرة. كذلك فـــإن قوانين الملكية الفكرية تحمي بعض المعلومات، والحكومات الوطنية تقيِّد الوصول إلى العلوم، كما أشرنا آنفاً، لأنها تعد المعرفة ثروة وطنية يجب الاحتفاظ بها.

شرح جغرافية العلوم

تـــسهم عوامل عديدة في التوزيع غير العادل للنشاط العلمي، بما فيها تاريخ اســـتثمارات الحكومات في البلدان الغنية. من الواضح أن الحكومات الغنية قادرة علـــى تـــأمين دعم أكبر للعلوم، وهي تفضل إنفاق أموال أبحاثها ضمن حدودها،

وهـــذا أمر يمكن فهمه. فضلاً عن ذلك، غالباً ما يفكر واضعو السياسات بأهداف سياســية عند اختيار مكان إنشاء هذه المرافق. لكن العوامل غير السياسية يمكن أن تــدخل في الحــسبان أيضاً عند تحديد مكان إجراء الأبحاث العلمية، وهي تشمل متطلبات رأس المال من أجل مشروع بحثي محدد؛ ودرجة اعتماده على الوصول إلى مــوارد فريدة؛ والحوادث التاريخية؛ وظواهر مثل الانجذاب التفضيلي، واقتصاديات الحجم الكبير المتنوع والاستقرار وفق نموذج يعرف باسم "lock-in".

تــتطلب بعــض المجــالات أجهزة مكلفة أو تستلزم إجراء البحث في مواقع محددة. ويصبح التنظيم في بضعة مراكز ممتازة في هذه الحالات أمراً طبيعياً وفاعلاً. فــنظام المعرفة لا يتطلب وجود جهاز تسريع إشعاعي (synchrotron) في كل بلد ولــيس بوسعه تأمينه في كل بلد، وليس من المنطقي توزيع مراكز الأبحاث في علم المحيطات حول العالم على نحو عشوائي أو بالتساوي.

كذلك فإن الجغرافيا هي التي تحدد موقع الاستثمارات المركزة إلى حد بعيد في بعــض الحــالات. لكــنه قــد يــتحدد في حالات أخرى بالحوادث التاريخية أو الاستثمارات التي تجعل مدينة أو منطقة بعينها مرشحة رئيسة لاستثمارات إضافية. ومــثالاً علــى ذلك نذكر مدينة هانوفر في ألمانيا التي تتمتع بسمعة تمتد إلى قرون مضت كمركز للأبحاث الكيميائية، وجنيف في سويسرا التي تمثل منذ وقت طويل مركــزاً لأبحاث الفيزياء، وهذا التاريخ جعل من الطبيعي اختيارها لأن تكون موقع "المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية" (CERN)، حيث أضخم مختبر للفيزياء الجزيئية في العــالم. وفي مــرحلة مــتقدمة في مسار تطور علم الفلك في القرن العشرين، أصبحت سانتياغو في تشيلي الموقع الأول للتلسكوبات الموجهة نحو سماء الجنوب، وقــد اســتثمرت مراكز الأبحاث المحلية في هذه المعدات لتصبح رائدة في مجال علم الفلــك. بيــنما اســتثمرت كوبــي في اليابان في أجهزة دراسة الزلازل، بسبب تاريخهــا الطويل في دراسة الزلازل، إلى جانب مرافق أخرى لصالح أبحاث الزلازل التي جذبت العلماء من أنحاء العالم.

وكما تبين هذه الأمثلة، فبعد حدوث استثمار ضخم في منطقة معينة وبعد أن تــؤدي السمة التراكمية إلى تعزيز قيمة الاستثمار الأولي، تكتسب المنطقة جاذبية معيــنة ضمن الشبكة. وبالنتيجة، نرى أن التوزيع النهائي للنشاط العلمي "متوقف

علـــى المسار"[6]. وتشارك في هذا التأثير عدة قوى ذات صلة. وبسبب اقتصاديات الحجم الكبير المتنوع، غالباً ما يكون إجراء مشروعات بحثية مختلفة في الموقع نفسه أكثــر كفـــاءة. وفي المقابل، يمكن أن تعزى هذه الاقتصاديات إلى عوامل ملموسة وغير ملموسة، مثل المعدات الباهظة وتراكم رأس المال الاجتماعي والمعرفة الكامنة. ومـــن شأن وجود مخزون سابق من رأس المال الاجتماعي أن يسهل على الدارسين إنـــشاء شركات بحثية، بينما تساعد المعرفة الكامنة على جعل هذه الشركات أكثر إنتاجية. كما أنها تساعد في الحصول على الأفضلية في وقت باكر من المشروع على مستوى المؤسسة أو المجمع البحثي.

أما على الصعيد الشخصي، فإن الارتباط التفضيلي يعزز السمة التراكمية على المـــستوى المـــيداني. ومن الطبيعي أن يفضل باحثون من أمثال "د. إ. أكسيلرود" العمل مع أشخاص متقدمين في مجالهم مثل "فرانك كاراز". وبالنتيجة، فإن المراكز المتفوقة تستفيد من استمرار تدفق العلماء إليها ممن يتميزون بإنتاجية مرتفعة وتمويل جيد. ونرى بهذه الطريقة أنها نجحت في تحقيق التوازن بين قوتين ينبغي أن تكونا في أي مؤســـسة ناجحـــة وهما الاستقرار، عبر تجميع المعرفة، والتنوع، عبر استقبال المشاركين الجدد والأفكار الجديدة.

ما السبب في أهمية موقع العلوم؟

اســـتطاعت المـــرافق العلمية عالمية المستوى منذ مدة طويلة أن تمنح الهيبة أو الفخر للبلدان التي تدعمها حقاً. ولو كانت هذه هي المنفعة الوحيدة، لربما ما كان التوزع الجغرافي للنشاط العلمي ذا أهمية كبيرة. لكن الاستثمار العلمي المركّز يعود أيـــضاً بمكاسب أعظم. ومن الواضح أن النشاطات العلمية، على المستوى الوطني، مـــرتبطة بالازدهار الاقتصادي، كما أشارت العديد من الدراسات في كل من نمو العلوم والنمو الاقتصادي[7]. وبالرغم من ذلك، لم تضع دراسات الاقتصاد أو العلوم رابطـــاً سببياً مقنعاً بين العلوم والازدهار. وربما كانت العلوم محفزاً على تطور أدى في إحدى المرات إلى تحقق إنجازات على مستوى معين من النمو الاقتصادي.

يمكن لمجمعات النشاط العلمي أن تولد قدراً كبيراً من الآثار غير المباشرة، ليس فقـــط بإيجاد فرص للتوظيف في المؤسسات العلمية وحولها، بل أيضاً بإيجاد معرفة

يمكن للنظراء المحليين أن يحصلوا عليها ويستفيدوا منها. ومن الواضح أن المؤسسات البحثية في كثير من المناطق، ولا سيما وادي السيليكون، هي بمنـزلة منابع للمعرفة تؤمن روابط بالنمو الإقليمي. ولقد كُتب الكثير عن الآثار غير المباشرة الإقليمية للأبحاث على التطور التكنولوجي المحلي وأثرها الكبير على التنمية الاقتصادية الإقليمية[8]. ويبدو أن المؤسسات البحثية تكوِّن مع الشركات والسكان المحليين حلقة قوية تشجع بيئة خصبة لكل من النشاط العلمي والاقتصادي. أدى هذا الاكتشاف بالأطراف الفاعلة الحكومية على جميع المستويات (على مستوى البلديات والولايات والمستويين الوطني والدولي) إلى التشجيع على إنشاء مجمعات محلية بهدف دفع هذه الدوائر القوية إلى الأمام.

بإمكان هذه المجمعات أن تقوم بأكثر من تعزيز النمو الاقتصادي؛ إذ يمكنها أيضاً أن تقدم منافع علمية وسياسية على صورة معارف تستهدف المشكلات المحلية. كما يصبح من الأرجح أن تعالج المؤسسات العلمية الرائدة احتياجات البلدان الأم لهذه المؤسسات. ومن جهة أخرى، غالباً ما ترى البلدان التي لا تستطيع تحمل تكاليف الاستثمارات البحثية واسعة النطاق صعوبة في جذب اهتمام العالم بمصالحها. وتوضح هذه الدينامية، على سبيل المثال، سبب تكريس موارد ضخمة لمكافحة السرطان في الولايات المتحدة، والاهتمام القليل الذي تلقاه عادة أمراض أخرى، مثل الملاريا، التي تقض مضجع أعداد أكبر من البشر في البلدان النامية. إن تركيز النشاط العلمي لا يعني فقط أن بعض المناطق وبعض البلدان تولد معرفة أكبر من غيرها، بل إن هذه المناطق والبلدان نفسها هي التي تقرر نوع المعرفة التي يتم إيجادها ونوع المشكلات التي يتم حلها.

وليس ذلك صحيحاً فقط في المؤسسات البحثية ذات الشهرة العالمية، بل ينطبق أيضاً على نطاق أصغر. فمعظم البلدان المتقدمة علمياً تدعم المختبرات البحثية المخصصة للزراعة والصحة (بما فيها سلامة الغذاء) والبيئة والتكنولوجيا الحيوية والتصنيع والنقل التي تركز على سبر المشكلات المحلية وحلها. وتؤدي هذه المختبرات دوراً حاسماً في دعم جودة الحياة في هذه البلدان. لكن ويا للأسف، غالباً ما تكون المعرفة التي لديها محلية إلى درجة لا تسمح بتطبيقها بفاعلية في بيئات أخرى.

إعادة توزيع منافع العلم

يطــرأ هنا سؤالان اثنان نظراً إلى أن النشاط العلمي يقدم هذه المنافع الكبيرة. الأول: إلى أي مدى يمكن للربط الافتراضي أن ينتج فجوة بين مناطق وجود الموارد العلمية والمناطق التي تحتاج إلى هذه الموارد؟ والثاني: ما الذي يمكن عمله وما الذي ينبغي عمله لتوزيع هذه الموارد أو منافعها على نحو أكثر إنصافاً؟

دور الربط الافتراضي

مــن الواضــح أن نمو شبكة الإنترنت وتطور الشبكة العالمية زادا من سهولة تــبادل الباحثين للبيانات والموارد التي تعزز إبداعهم. فالعلماء والمهندسون قادرون الــيوم علــى العــثور على أقرانهم والتواصل بسهولة أكبر من ذي قبل، ويمكنهم اســتخدام الإنترنت والشبكة العالمية لتبادل البيانات وتخزينها وتحسينها. لكن هذه التغييرات، بالرغم من ضخامتها المؤثرة، لم تحدث ثورة في طريقة ممارسة العلم، إذ سرعان ما يتضح في المقابلات مع العلماء أنهم لم يقدموا قدرات *جديدة* بالرغم من أن الإنتــرنت والــشبكة العالمية حققتا زيادة كبيرة في فاعلية تبادل المعلومات بين العلمــاء. لقــد انتقل الباحثون من الرسائل إلى البريد الإلكتروني، وبدلاً من تخزين البيانات على الورق وتحليل المعلومات يدوياً، أصبحوا الآن يخزنونها رقمياً ويجرون التحلــيلات بمعونة الحاسب[9]. وبعد أن كان جمع قواعد البيانات يستغرق شهوراً، أصبح من الممكن تجميع قواعد البيانات هذه وزيادة حجمها في غضون ساعات.

ثمــة اســتثناءات لهذه القاعدة. منها على سبيل المثال أن الحوسبة الموزعة أو الــشبكية مكنت المشروعات التي تتطلب طاقة حاسوبية ضخمة من توزيع العمل علــى آلاف الحواسب الشخصية العادية بدلاً من الاعتماد على استخدام حواسب فائقــة الــتطور. ويستخدم هذا الأسلوب في مشروع "البحث عن الذكاء خارج الأرض" (SETI)، وهــو مشروع مقره بيركلي في ولاية كاليفورنيا يستخدم هذا المــنهج لفحــص كميات هائلة من البيانات تجمع بواسطة التلسكوب اللاسلكي "أريــسيبو" في بورتوريكــو. ترســل الملاحظات التي يجمعها التلسكوب إلى مقر المــشروع في بيركلــي وتقــسم إلى أجزاء صغيرة ومن ثم توزع عبر الإنترنت إلى متطوعين قاموا بتحميل برنامج (SETI@home software). يقوم البرنامج بتحليل

البيانات تلقائياً ثم يرسل النتائج إلى بيركلي حيث يتم إدراجها ضمن قاعدة بيانات ضخمة[10].

تم أيضاً بذل جهود أخرى لتحقيق الربط بين المختبرات البحثية التي تستخدم معدات واسعة النطاق على نحو يُحدث شبكة افتراضية بينها. لقد أنشئت هذه الشبكات لأغراض أبحاث في العلوم متناهية الصغر، على سبيل المثال. ولأن العلوم متناهية الصغر تدرس المواد على المستوى الذري والجزيئي، يتطلب العلماء جهازاً على درجة عالية من التخصص، وهو المجهر المتطور، من أجل رؤية المادة موضوع بحثهم. ونرى اليوم أن العمل يتحسن نحو استخدام المسابر متناهية الصغر ذات القوة الذرية لإجراء العمليات والتفاعلات الفيزيائية عن بعد. وكمثال على ذلك نذكر جهاز المعالجة متناهية الصغر، وهو نظام رجل آلي تم تطويره في جامعة شمال كاليفورنيا، في تشابل هيل، يتيح عبر الإنترنت صورة ثلاثية الأبعاد للتجارب بأبعادها الحقيقية[11].

ينبغي، من الناحية النظرية، أن تؤدي هذه الأنواع من الأدوات إلى جعل الموارد متاحة أمام الباحثين المقيمين في مناطق بعيدة ممن لا يستطيعون السفر إلى المؤسسة التي تملك هذه الأدوات. وغالباً ما كان ذلك يتاح كطريقة لاستخدام الإنترنت من أجل ربط البلدان الفقيرة بمراكز المعرفة[12]. لكن الاحتمال ضعيف في نجاح هذه الفئة عبر اعتمادها على نفسها. فالروابط الافتراضية لا تفضي إلى أفضل النتائج إلا إذا كان الباحثون قد عملوا في الأصل معاً وجهاً لوجه ومن ثم استخدموا الأدوات الحاسوبية والاتصالات للتعاون عبر شبكات الاتصال، كما يتضح من مثال فريق "البوليميرات" المضافة[13].

علاوة على ذلك، فإن التمكن من الحصول على الجهاز اللازم ليس بالمشكلة الوحيدة. فهناك تحدٍّ آخر لا يقل أهمية وهو إيجاد وسيلة لدخول النقاش والتفاعل الديناميكي المتمثل في رأس المال الاجتماعي والذي يأتي من العمل في مختبر مع باحثين آخرين. يمكن للباحثين الاستفادة من هذه النقاشات عبر الاتصالات الإلكترونية. لكن نادراً ما تمكن هذه الآليات من الحصول على المجموعة الكاملة من المعلومات التي يتم تبادلها في النقاشات غير الرسمية وغير المقيدة التي تتم بين الأشخاص وجهاً لوجه، وخاصة تلك التي تجمع عدداً من الأشخاص. إضافة لذلك

فهـــي لا تستطيع إيصال المعرفة الكامنة، أي التجربة الحدسية التي يمكن أن تكون لـــدى الباحـــثين والتي يتبادلونها حتى دون أن يدركوا ذلك. وبالعمل معاً جنباً إلى جنب والتعلم بالعمل، يلتقط العلماء الطرق المختصرة والعادات وأفضل الممارسات التي تحقق التقدم لعملهم، ربما من دون أن يدركوا أبداً ما يفعلونه. وإذا كانت هذه الممارسات فطرية أو متأصلة جداً في النفس، فقد لا يفكر الباحثون أبداً في تلخيص ما يتعلمونه في كلمات لنشرها على الملأ.

تنطـــبق هـــذه النظرة على ما يتجاوز التقنيات البحثية، فإنتاج المعرفة يتطلب أيـــضاً تعلـــم معايير المجتمع البحثي السائد وقيمه، وكذلك اللغة التي يستخدمها. ونادراً ما يتم تدوين هذه المعايير سواء إلكترونياً أو في شكل مطبوع. بل يتم نقلها عبر الممارسة والمثال والملاحظات غير الرسمية، التي تمثل جميعها طرقاً من التواصل لا يمكن للربط الافتراضي أن يحققها.

رسم خريطة جديدة للعلوم: تجربة فكرية

ما الذي يمكن لواضعي السياسات عمله، أو ما الذي يتعين عليهم عمله في محاولة توزيع الموارد العلمية على نحو أكثر إنصافاً وذلك بالنظر إلى استمرار الأهمية التي يحظى بهـــا مكان ممارسة العلوم؟ لمعالجة هذه المسألة، لنقم بتجربة فكرية مستوحاة من نظرية "جـــون راؤول" المؤثـــرة عن العدالة. ففي كتابه الصادر عام 1971 الذي يحمل الاسم ذاتـــه، يشير "راؤول" إلى أن الطريق نحو الوصول إلى نظام عادل في المجتمع (أو في هذه الحالـــة إلى توزيع عادل للموارد) هو أن نفكر ملياً وراء "حاجز الجهل" الذي يمنعنا من معـــرفة تفاصيل وضعنا. فلكل واحد منا وراء هذا الحاجز فرصة متكافئة في أن يكون غنـــياً أو فقـــيراً، ذكياً أو متخلفاً، ضعيفاً أو قوياً. ويصف "راؤول" نقطة البداية هذه بـــــ "الوضـــع الأصـــلي" أو "الوضـــع القائم الأولي المناسب الذي يضمن أن تكون الاتفاقـــات الأساســـية التي تم الوصول إليها ضمنه عادلة"[14]. ويقول إننا إذا بدأنا بهذا الوضع الأصلي، فسوف نصل في النهاية إلى مفهوم عام للعدالة بمعنى الإنصاف، والذي "يـــتطلب أن تكـــون جميع السلع الأساسية موزعة بالتساوي، إلا إذا كان هذا التوزيع علـــى نحو غير متساو أمراً في مصلحة الجميع"[15]. وبالاتفاق على هذه القاعدة، يمكن لكل فرد في الوضع الأصلي أن يحقق أقصى قدر من رفاهيته المتوقعة في المجتمع.

لكن تطبيق هذا الاقتراح على العلوم مسألة صعبة. لنتذكر من النقاش السابق أن تركز الموارد غالباً ما يسهم إسهاماً أساسياً في إبداع المعرفة. وبالنتيجة، فإن توزيع النشاط توزيعاً غير متكافئ قد يبدو جيداً بالنسبة للعلوم ولمصلحة الجميع، نظرياً على الأقل. لكننا قد نتفق في الوقت نفسه على أن تركز النشاط يجب ألا يحدث على نحو مبالغ فيه. وينبغي ألا تصبح كل هيئة سياسية متقدمة جداً على الأمم الأخرى التي تستمد منها الغالبية العظمى من الموارد المتاحة في نوع من "سيناريوهات زوال السمة التراكمية"، حتى ولو كانت نتيجة هذا التركيز تحقيق قدر كبير من المعرفة الجديدة. فربما يعني هذا الاحتكار أن الأماكن الأخرى قد تخسر إمكانية الوصول إلى فرص التعليم والقدرات الإبداعية.

وهكذا يصبح التحدي هو تحقيق التوازن الصحيح بين أهداف المساواة (التي تؤيد التوزيع) وأهداف إيجاد المعرفة (التي تؤيد التركيز في كثير من الحالات). ويتميز هذا التحدي بصعوبة خاصة لأن درجة التركيز المثلى اجتماعياً يمكن أن تختلف من مجال إلى آخر. ومن الواضح أن هناك حالات في العلوم حققت نتائج جيدة من التشارك في الأجهزة. لكن من الضروري في حالات أخرى توفير القدرات البحثية محلياً فقط إذا أريد للبحث أن يحقق تقدماً. أي لا يمكن تطبيق مبدأ التوزيع نفسه عبر جميع التخصصات.

ولمعالجة هذه المسألة، لنعد إلى المخطط ذي الأجزاء الأربعة الوارد في الفصل الثاني. فإذا وضعنا في هذا المخطط طريقة تنظيم البحث (من الأعلى إلى الأسفل أو من الأسفل إلى الأعلى) في مقابل طريقة إجرائه (مركزي أو موزع)، يمكن أن نحصل على أربع فئات للمشروعات العلمية: مشروعات العلوم الكبرى والمشروعات الجيوتكنيكية والمشروعات المنسقة والمشروعات التشاركية. لنتذكر أن مشروعات العلوم الكبرى وبعض المشروعات الجيوتكنيكية تميل إلى أن تكون "ثقيلة" جداً وتتطلب أجهزة متخصصة ضخمة. هذه المشروعات مكلفة جداً وتصبح في الأساس جزءاً من المكان الذي أنشئت فيه. وقد يصل الأمر إلى درجة عالية من انعدام الكفاءة إذا جرى الاستثمار في أكثر من هذا العدد القليل من هذه الموارد (بل أحياناً في أكثر من مورد واحد). يمكننا أن نستنتج، في هذه الحالات، أن التوزيع البعيد جداً عن التكافؤ أمر مقبول، بالرغم من أن فتح هذه المراكز

للمستخدمين بناء على رسم متغير للمستخدم وعبر روابط افتراضية قد يكون أكثر إنــصافاً. وبتعبير آخر، ينبغي أن يكون الوصول إلى هذه الموارد مفتوحاً مع توفير تبادل واسع للمعرفة التي يتم تطويرها ضمنها.

وبالمقابـــل، نرى أن الدخول إلى النشاطات المنسقة أو التشاركية ينطوي على كلفـــة أقـــل. فانخفـــاض حجم هذه المشروعات يعني أنها يمكن أن تستخدم عدة مختـــبرات في أنحـــاء العالم. وفي هذه الحالة، قد تكون مجموعة من التوزيعات مثلى اجتماعياً. فمثلاً، يمكن استخدام مختبرات متماثلة منتشرة على نحو متساو نسبياً عبر العالم وفقاً لعدد السكان، وهذا يسهل الوصول إليها على معظم الباحثين. أو يمكن إقامـــة مختبرات في أقاليم مختلفة تكون متخصصة في مجالات معينة ضمن التخصص نفـــسه وتـــشارك بنشاط في تبادل الموارد والمعلومات وفقاً لقدراتها واحتياجاتها. ويـــصبح الأســـلوب الـــثاني منطقياً عندما تكون الظروف المحلية مدخلاً مهماً في الأعمـــال البحثـــية. وغالباً ما تكون المختبرات المحلية الصغيرة والمراكز الفرعية في الأبحاث الزراعية، على سبيل المثال، النمط الأفضل لإجراء الأبحاث ونقل المعرفة.

لكـــن يبقـــى التحدي المتمثل في تأمين التعلم التجريبـــي ضمن بيئة موزعة مـــسألة ينبغـــي معالجـــتها. فهناك جزء كبير من إيجاد المعرفة ينطوي على التعلم الـــضمني. وإذا تمت تجزئة البحث إلى فئات أو أصناف لتسهيل المهمات المشتركة، تـــصبح المسألة هي مسألة اكتشاف المكان الذي يتم فيه تكامل المعرفة والاستفادة مـــنها. وإذا كان تكامل المعرفة يتم في مكان مفضل واحد، فقد تضيع أجزاء مهمة من عملية التعلم على الأعضاء الآخرين من الفريق الموزع ما لم يجدوا طرقاً تمكنهم لـــيس فقط من الوصول إلى المعرفة المتكاملة، بل أيضاً إلى "تثبيتها"، من أجل تلبية احتياجات محددة على المستوى المحلي. ومثالاً على ذلك نذكر البحث الذي أجري لصالح مشروع الجينوم البشري وكان موزعاً ومنسقاً في أنحاء العالم، وجرى تبادل المعـــرفة مع جميع المشاركين في البحث. لكن القدرة على دمج المعرفة ضمن النتائج وتحويل النتائج إلى منتجات كانت مقتصرة على تلك الأجزاء من العالم التي تمكنت من دمج هذه الوظائف، و لم تتحقق هذه المعايير إلا في بضعة أماكن فقط.

وبالمجمل، فإن عدم التكافؤ في توزع العلوم ليس مشكلة في حد ذاته، فبعض مجـــالات العلـــوم قد توزع توزيعاً غير متكافئ بسبب نطاق وحجم الاستثمارات

المطلــوبة لتطوير المعرفة، حتى في النظام العادل. ويتطلب إيجاد المعرفة ضمن مجال محدد، في هذه الحالات، أن تكون العوامل المساهمة مركزة جغرافياً. تكمن المشكلة في عــدم قــدرة بعض الأماكن على دمج المعرفة وتوجيهها نحو حل المشكلات. وبــرغم أن الحكــومات غالباً ما تؤمّن هذه الوظائف كسلع عامة، إلا أن انعدام المــساواة ينــشأ من التحيز المتأصل في النظم الوطنية التي تحول دون نشر المعرفة، ولــيس بسبب موقع الأبحاث. يمكن معالجة هذا الأمر جزئياً عبر الوصول المفتوح والربط الافتراضي وعبر إحداث تغييرات في سياسات الحكومة.

الحالة الأكبر عموماً على عدم التكافؤ تلاحظ في موقع الأبحاث عندما يؤدي تركــزها إلى فوائد محدودة وخاصة حيث يجب أن تكون المعرفة ذات صلة ومتاحة محلــياً حــتى تكون فاعلة ومفيدة. ينبغي في هذه العلوم، مثل علم التربة والزراعة والحــياة المائية وعلم الأحياء والهيدرولوجيا وغيرها، أن ينصب التركيز على التأكد مــن توفــر القدرات البحثية، التي عادة ما تكون في شكل استثمارات محلية محددة الأهــداف ومــرتبطة بعُقد مهمة ضمن شبكة العلوم. يمكن لهذه الاستثمارات أن تحدث زيادة حاسمة في قدرة المنطقة أو البلد على استيعاب المعرفة وبنائها.

عودة إلى العالم الحقيقي

مــا الــذي يمكــن أن نــتعلمه من هذه التجربة الفكرية عن السياسات والأولويات التي توجه العلوم في القرن الحادي والعشرين؟ النقطة الأولى والأبسط هــي أنه لا بد من إزالة الحواجز المصطنعة أمام نقل المعرفة، حيثما أمكن، بحيث يتمكن العلماء من إقامة الصلات عندما تسنح الفرص الملائمة وعلى نحو يساعد علــى تدفق المعرفة وعلى نموها. تشمل هذه الحواجز التكاليف المرتبطة بالحصول على المجلات العلمية وحضور المؤتمرات وشراء المعدات والسفر إلى أماكن إجراء أبحــاث خاصة بالموقع. فضلاً عن ذلك، ينبغي أن نكون نشطين في تشجيع نقل المعــرفة عبر زيادة استخدام تكنولوجيا المعلومات واستخدام الأموال للمساعدة على نشر المعرفة العملية في البلدان النامية. ورغم ذلك فإن الاعتراف بقيود هذه الاستراتيجية أمر لا يقل أهمية، إذ إن نقل المعرفة قد يكون سهلاً في بعض أنواعها وصعباً في أنواع أخرى.

ومع أنه قد يكون من السهل استيعاب بعض أنواع المعرفة محلياً، إلا أن معظم المجالات تتطلب تدريباً مكثفاً لفهمها، بل يمكن أن تتطلب مزيداً من التدريب قبل تطبيقها على تحديات التنمية. والأهم من ذلك أن العلوم ليست مجرد مجموعة من المعارف التي يمكن نقلها من مكان إلى آخر لحل المشكلات ومواجهة التحديات. فالعلوم الأساسية، أو الأبحاث العلمية، تمثل عملية المساهمة بشيء جديد حقاً في نظام المعرفة. وهذه العملية غير متكافئة و"استثنائية" بطبيعتها، بمعنى أن القوى ذاتية التنظيم في الأكاديمية العالمية الخفية تفضل بلا شك بعض الروابط وأنماط التبادل على حساب أخرى.

إذاً، كيف يمكن لمعظم بلدان العالم أن تحقق مشاركة أكمل في هذا النظام؟ لقد ركزت الإجابة عن هذا السؤال في الماضي على إيجاد قدرات علمية محلية النمو، وخاصة إنشاء مراكز متميزة تضاهي مثيلاتها في العالم المتطور. لكن الحل في المستقبل يكمن في وضع استراتيجيات أكثر دقة لإقامة الاستثمارات المحلية ولربطها بالموارد المتاحة. وسوف تستفيد هذه الاستراتيجيات من الجغرافية المادية للعلوم ومن الجغرافية الافتراضية للمعرفة، وسوف تغير شكلها أيضاً.

نحو الجغرافية الجديدة للعلوم

عمل واضعو السياسات في جزء كبير من القرن العشرين على افتراض مفاده أن المشاركة الفاعلة في العلوم على المستوى العالمي تتطلب من البلد إنشاء المؤسسات وطائفة من العلوم والقوى العاملة الماهرة التي تدعم النظم المعرفية في البلدان المتقدمة علمياً. وركزت كثير من المشروعات التنموية على التوفيق بين المنظمات المؤسسية والقانونية لإيجاد نظم إبداع وطنية مشابهة لتلك الموجودة في البلدان المتقدمة. وليس من المستغرب أن تكون الجهود التي ركزت على بناء نظم الإبداع الوطنية قد تعرقلت لأن بلداناً مختلفة اتبعت مسارات مختلفة نحو التنمية العلمية والتكنولوجية. ففي اليابان، على سبيل المثال، نشأت معظم القدرات البحثية من داخل القطاع الخاص بينما جرى تطويرها إلى حد بعيد بدعم من الحكومة ضمن المملكة المتحدة والولايات المتحدة. وفي أوروبا، كانت الحكومات هي من يضع المعايير للمواد المستخدمة في الأبحاث والتصنيع؛ بينما أخذ القطاع الخاص على عاتقه هذا الدور في أمريكا الشمالية.

وسعى علماء آخرون نحو إيجاد تفسيرات أكثر عمقاً حتى لمدى نجاح الاقتصاديات المختلفة في إيجاد المعرفة واستخدامها. فعلى سبيل المثال يشير "فرانسيس فوكوياما" إلى أن لمستوى الثقة في التعاون ضمن المجتمع تأثيراً مهماً على مستوى التعاون، والذي يعدّ بدوره ضرورياً للنمو الاقتصادي والتغير التكنولوجي[16]. وكما لاحظنا سابقاً، فهي فكرة مهمة بداهةً لأن الثقة ورأس المال الاجتماعي عاملان حاسمان في قدرة الأكاديمية العالمية الخفية على ابتكار المعرفة عبر فرق متكاملة تمتد عبر الحدود السياسية والتخصصية والجغرافية التقليدية. لكن، من الناحية العملية، فإن تعزيز الثقة بالتعاون مهمة أصعب بكثير من مهمة إقامة المؤسسات القانونية والسياسية والاقتصادية الأساسية ذاتها في بلد آخر.

ثمة نهج أقل طموحاً بقليل وهو تكرار العناصر الأساسية للمؤسسة العلمية في بلد غني. وتحظى هذه الاستراتيجية أيضاً ببعض الجاذبية للوهلة الأولى. فكثير من البلدان تشجع مشروعاتها التي تعزز هيبتها أملاً منها في تطوير باحثين مهمين أو جذبهم وجني الفوائد الاقتصادية والعلمية للمجمع البحثي. لكن العديد من الجهود فشلت لأنها تجاهلت تحديد الظروف المحلية الفريدة التي يمكن أن تجتذب كبار العلماء وأن تدعم إيجاد معرفة جديدة. لا يمكن لأي قادم جديد في النظام أن يأمل بمنافسة الولايات المتحدة أو أوروبا في التخصصات عالية التكلفة، مثل الفيزياء الجزيئية، التي وظفت فيها أغنى بلدان العالم استثمارات واسعة النطاق. لكن ربما تمكن الوافد الجديد من بناء محور جديد ضمن الأكاديمية العالمية الخفية بالتركيز على مصدر محلي فريد من نوعه أو على مشكلة مهمة بوجه خاص.

تبقى الجهود الرامية إلى إنشاء مؤسسات فاعلة وقدرات محلية جزءاً مهماً من السياسات العلمية في القرن الحادي والعشرين. لكن ينبغي أن توضع هذه الجهود في سياق جديد. فبدلاً من التفكير في استثماراتها العلمية على أنها موجودة في عزلة، يتعين على واضعي السياسات تصورها ضمن سياق الجغرافية الافتراضية للمعرفة. وبتعبير آخر، يجب أن يحدد واضعو السياسات متى ينبغي إنشاء رابط بالموارد الموجودة المتاحة لكن البعيدة جغرافياً ومتى ينبغي إقامة استثمار محلي وبناء قدرات محلية أو إقليمية أو تعزيزها، بعد إجراء مسح لهيكلية الأكاديمية العالمية الخفية وتحديد الاحتياجات والفرص المحلية. إن هذا الخيار مشابه في نواحٍ كثيرة لما يدعوه

استراتيجيو الأعمال قرار "البناء أو الشراء": متى ينبغي على الشركة أن تبني قدرات جديدة أو تحتفظ بوظائف معينة، ومتى ينبغي أن تعتمد على السوق في تأمين المدخلات أو الخدمات المهمة؟ يجب على صناع القرار في كلتا الحالتين دراسة مجموعة واسعة من العوامل، بما فيها حجم الاستثمار المطلوب ونطاقه ودرجة تميز احتياجاتهم أو حتى خصوصيتها وقدراتهم الحالية.

لكن ثمة فارقاً أساسياً بين الحالتين وهو أن واضعي السياسات يجب أن ينظروا إلى اختياراتهم عند دراسة الاستثمار في العلوم على أنها "إنشاء الروابط وإقامة المشروع" وليس "إنشاء الروابط/أو إقامة المشروع". فهذان النهجان متكاملان إلى حد بعيد. إذ غالباً ما تكون من الضروري إقامة بعض الاستثمارات المحلية بهدف إيجاد قدرات ضرورية لإنشاء روابط مع النظام العالمي (بأن تصبح شريكاً جذاباً) أو للتأكد من أن هذه الروابط تحقق المكاسب المطلوبة منها. تكمن الصعوبة ضمن شبكة المعرفة العالمية في الاستفادة من المعرفة محلياً وتثبيتها. وغالباً ما تفقد هذه العملية فاعليتها إلا إذا وجدت بعض القدرات العلمية على أرض الواقع على هيئة مؤسسات وباحثين قادرين على أخذ المعرفة التي أوجدت في مكان آخر ثم تطبيقها والاستفادة منها.

لا يعني هذا أن على واضعي السياسات السعي إلى بناء العلم وفقاً لخطة محددة، بل على العكس تماماً. فإنشاء الفرق العلمية لتحقيق الأهداف السياسية يسبب قصوراً في النظام. وقد ثبت أن القواعد الداخلية والهيكليات العفوية في الأكاديمية العالمية الخفية تحقق فاعلية عالية في إنشاء الروابط اللازمة لتوليد المعرفة. وبالنتيجة، ينبغي على المخططين أن يسعوا إلى إيجاد وتحديد محفزات على تشجيع نوعي التنظيم والاستثمار اللذين يتبين أنهما يحققان الاستدامة محلياً.

إقامة المشروعات وإنشاء الروابط في أوغندة

إن واضعي السياسات ذوي التطلعات يرتقون إلى مستوى هذا التحدي، مثل "بيتر ندمير" السكرتير التنفيذي "لمجلس أوغندة الوطني للعلوم والتكنولوجيا" (UNCST). فقد عمل "ندمير" سنوات كثيرة على صياغة خطة أوغندة للعلوم والتكنولوجيا وعلى جمع البيانات لدعم الخطة وعلى تحقيق توافق الآراء على الوثيقة

(الـــتي صـــدرت عـــام 2007)، وعلـــى وضع موازنة لزيادة الإنفاق على العلوم والتكنولوجـــيا. وأظهـــر أثـــناء هذه العملية وعياً شديداً لحاجة أوغندة إلى وضع اســـتراتيجية لا تتناسب تماماً مع ظروف البلد فقط، بل تستفيد من الروابط الدولية أيـــضاً. يقول "ندمير": "سوف تحتاج أوغندة إلى الاستفادة من الكثير من المعارف التي لا نملكها ضمن حدودنا"[17].

كخطـــوة أولى مهمـــة قام "ندمير" وزملاؤه بتقديم المساعدة من أجل توجيه واضـــعي السياسات في اختيار مجالات الاستثمار ذات الأولوية، إذ ليس باستطاعة أوغندة دعم جميع أنواع العلوم الموجودة في البلاد المتقدمة علمياً لكونها واحدة من أفقـــر الـــبلدان في العـــالم، وعلـــيها أن تختار المجالات بعناية. ولا يمكن لواضعي الـــسياسات الاســـتثمار في جمـــيع المجالات وتحديد المشروعات التي سوف تنجح والأخرى التي سوف تفشل. وبوعيها لهذه القيود وبالاستناد إلى مدخلات أساسية عامة، قامت حكومة أوغندة باستثماراتها الأولية في نشاطات علمية منسقة وموزعة في علم الفيروسات والتكنولوجيا الحيوية[18]. ووقع الاختيار على هذين المجالين لأنهما يعالجان الاحتياجات المحلية ولأنهما يوفران فرصاً لكل من الأبحاث المحلية والدولية. ويوضـــح "نـــدمير" قـــائلاً: "إذا أردنا في أوغندة أن نتحرك إلى أبعد من الأبحاث الـــزراعية، فعليـــنا القـــيام ببعض الاستثمارات الجريئة، لكن يجب أن نجد المزيج الصحيح من الموضوعات التي سوف تكون مهمة لعلمائنا، وإلا فلن نحقق تقدماً في الخطـــة. ولا يمكنـــنا المضي في الخطة وحدنا، بل علينا إقامة روابط مع مجموعات أخـــرى خـــارج أوغـــندة. لكن كيف نقوم بذلك؟ حسناً، لا يزال هذا الجزء يتكشف لنا"[19].

فضلاً عن ذلك، إذا أراد واضعو السياسات أن تكون استراتيجياتهم مستدامة، فعلـــيهم الـــتأكد مـــن تنفيذ نظام يقدم الدعم الأساسي للنشاط العلمي. وفي هذا الخـــصوص، ربمـــا كانـــوا يتمتعون بميزة على الداخلين الجدد في وقت سابق في الأكاديمـــية العالمـــية الخفية. فأوغندة قد لا تكون بحاجة إلى الاستثمار في مجموعة كاملـــة مـــن المؤسسات وخدمات الدعم والوظائف التي عادة ما تقدمها البلدان المـــتقدمة صناعياً. ويمكن أن تكون الشبكات بديلة للمؤسسات المحلية إلى حد ما، وخاصـــة في العلـــوم المنسقة والتشاركية. ويمكن للاتصالات بواسطة الحاسب أن

تساعد الشبكات في تأدية هذا الدور. فضلاً عن ذلك، يمكن للمؤسسات الحكومية الدولية أو غير الحكومية أن توفر بعض الوظائف الأساسية التي تقوم عليها القدرات العلمـــية علـــى المستوى الإقليمي بدلاً من أن تكون داخل كل بلد. إن فهم هذه الوظائف والقدرات التي تدعمها هو هدف الفصل القادم.

الفصل السادس

البنية التحتية والقدرات العلمية

ثمة من لاحظ هذا التفاوت بين الأغنياء والفقراء. لقد لاحظه الفقراء وكان ذلك بأقصى درجة من القسوة وليس بفعل الطبيعة. ولمجرد أنهم لاحظوه، فهو لن يدوم طويلاً. لا يزال كل شيء آخر نعرفه في العالم مستمراً إلى العام 2000، لكن هذا الفارق لن يدوم. فعندما تصبح خدعة تحقيق الثراء مكشوفة، كما هي الحال الآن، لا يمكن للعالم أن يستمر بنصف من الأغنياء ونصف من الفقراء.

سي. بي. سنو، الثقافتان والثورة العلمية
(*The Two Cultures and the Scientific Revolution*)
(مطبعة جامعة كامبريدج، 1959)، ص 44.

قام "سي. بي. سنو" في مقالته الشهيرة *"المجمعات والثورة العلمية"* بتحليل المشكلات الناتجة عن انعدام التواصل بين العلماء وغير العلماء في السنوات الأولى بعد الحرب العالمية الثانية. وتقدم المقالة في جزء كبير منها تقييماً واقعياً للتوترات بين العلم والمجتمع. ورغم ذلك فقد كان "سنو" مخطئاً تماماً بشأن قدرة العلوم على سد الفجوة بين الأغنياء والفقراء[1]. جاء العام 2000 وذهب، ويرى معظم المحللين أن الفجوة توسعت بدل أن تضيق. إضافة إلى ظهور فجوات جديدة، مثل الفجوة الرقمية.

يمكن أن يزيد العلم نمو هذه الفوارق بدل أن يقلصها. وكما يشير عالم الاقتصاد "جفري ساكس"، فإن البلدان التي حققت نتائج جيدة نسبياً في النصف الثاني من القرن العشرين سجلت أرقاماً أعلى في إنتاج الغذاء ومعدلات معرفة القراءة والكتابة وحققت انخفاضاً في وفيات الرضع ومعدات الخصوبة الكلية[2]. صحيح أن التقدم العلمي كان أساس كل هذه التطورات الإيجابية، لكن تأثير القومية العلمية جعل الوصول إلى هذه الإنجازات مقصوراً إلى حد كبير على قلة من المحظوظين.

تتجاوز الأكاديمية العالمية الخفية اليوم الحدود الوطنية، فهي تربط بين الباحثين من أطراف العالم الأربعة وتسمح لهم مراراً وتكراراً بتأليف فرق تضع المصالح العلمية فوق الولاء الوطني في تحديد مكان العمل وكيفيته. إن القومية العلمية تتراجع تراجعاً ثابتاً مع وجود الشبكات ذاتية التنظيم التي تتولى مهمات التنظيم والتنسيق التي اعتادت وزارات العلوم الوطنية على توليها. صحيح أن الدولة القومية ما زالت قائمة و لم تمت، وأنها تبقى جزءاً أساسياً من المشهد العلمي في القرن الحادي والعشرين، فما زال الناس يعيشون ضمن بلدان محاطة بحدود جغرافية، وما زالوا يعيشون تحت سيطرة حكومات ذات سيادة في أحسن الأحوال. تتحدد قدرة المواطنين العاديين على تقاسم منافع العلم إلى حد بعيد بالقدرة العلمية لبلدهم، وتستند هذه القدرة بدورها إلى توفر فرص الحصول على الوظائف الأساسية والخدمات اللازمة لدعم القدرات العلمية. يركز هذا الفصل على سؤالين اثنين آخذاً هذه العوامل بعين الاعتبار: ما هي القدرات العلمية؟ وما نوع البنية التحتية اللازمة لدعمها؟

القدرات العلمية: تسلق السلم

تشمل القدرات العلمية استيعاب المعرفة بالعالم الطبيعي وتطبيقها وإيجادها والاحتفاظ بها. وعموماً، فإن هذه المهام تمثل سلماً للتطور. فمثلاً، من الممكن استيعاب المعرفة دون القدرة على تطبيقها بسبب الافتقار إلى المهارات التخصصية، إذ قد تكون لدى العلماء معرفة بالفيروس عندما تضرب الحمى النزفية منطقة ما في أفريقيا للمرة الأولى، لكنهم لا يستطيعون التعامل مع تبعاته. وربما تطلب الأمر وجود فنيين حاصلين على تدريب خاص لمعالجة الناس وعزل الفيروس الخبيث، وخاصة إذا انطوى العلاج على مسائل ثقافية. لكن معرفة المعالجة قد لا تكون كافية وحدها في هذه الحالة.

وللتغلب على هذه المشكلة، غالباً ما يستثمر واضعو السياسات في خدمات متخصصة لنقل المعرفة. فمزودو خدمة الأبحاث الزراعية في أوغندة، مثلاً، يعملون تحت مظلة "المنظمة الوطنية للأبحاث الزراعية" (NARO) في البلاد لمعالجة مشكلات محلية خاصة. ويمكن للمنتج المحلي أن يأتي إلى منظمة "نارو" لإجراء مشروع تعاون مع علمائها إضافة إلى علماء من البلدان المجاورة وباحثين دوليين بهدف تحقيق غايات من قبيل تحسين محاصيل الحبوب المحلية. وللتأكد من إمكانية

تطبيق المعرفة محلياً، تعمل المنظمة مع الشركة الوطنية الأوغندية للخدمات الاستشارية الزراعية (NAAdS) على تدريب المزارعين الريفيين وتعليمهم تقنيات الزراعة الناتجة عن الأبحاث المنفذة في مركز النارو[3].

من الممكن أيضاً استيعاب المعرفة العلمية وتطبيقها دون إيجادها. فإذا تحطمت ناقلة نفط على ساحل كندا، فإن عملية التنظيف تتطلب معرفة علمية بخصائص النفط والبيئات البحرية والحياة البرية في المنطقة. ويمكن استيعاب هذه المعرفة وتطبيقها محلياً استجابة للحالة الطارئة دون إيجاد المعرفة أو الاحتفاظ بها من أجل تطبيقات مستقبلية. ولعل الأمل الوحيد للمجتمع بعد تنظيف هذا التسرب النفطي هو ألا يحتاج إلى هذا النوع من المعرفة التخصصية مرة أخرى.

ما زال إيجاد المعرفة الجانب الأكثر تعقيداً بين جوانب القدرات العلمية، فهو يتطلب القدرة على تحديد الأسئلة والأساليب التجريبية اللازمة لتجاوز المعارف الموجودة. كما أن مستوى المعرفة اللازم لإجراء تجارب مبتكرة يزداد تفصيلاً وتعقيداً مع تطور مجال العلوم. وينطبق هذا انطباقاً خاصاً على المجالات التي تشمل اختصاص التسميد. فقد يستغرق الأمر ستة أشهر من أجل تعلم فيزياء علم المواد على نحو يكفي للقيام بتجربة بسيطة في إنشاء المواد[4]، وذلك كما يقول عالم كيمياء يعمل مع علماء الفيزياء على تكوين مواد جديدة متناهية في الصغر.

وأخيراً، فإن الجانب الأكثر تعقيداً وتطوراً في القدرات العلمية هو القدرة على الاحتفاظ بالمعرفة من أجل الوصول إليها واستخدامها في المستقبل. فإذا لم يكن العلماء قادرين على الاستفادة من الأعمال السابقة، فمن المستبعد أن يحققوا تقدماً كبيراً في فهم العالم الطبيعي. يقول "روبرت هوك" في مقدمته لـ "التجريب" عام 1666:

> ما كان قليلاً في أي زمان عدد الناس الذين يجعلهم ذكاؤهم وتركيبتهم يجدون المسرة في تقصي الطبيعة ومسببات الأمور ثم المتابعة بعد ذلك من أجل الخروج بشيء ينفعهم وينفع البشر جميعاً. لكن مساعيهم ما كانت إلا فردية ونادراً ما كانت تعرف الوحدة أو التحسين أو تخضع لتنظيم علمي فانتهى بها المطاف إلى مجرد منتجات صغيرة قليلة الشأن تكاد لا يستحق ذكرها[5].

فمن غير القدرة على الاحتفاظ بالمعرفة، سواء عبر مؤسسة أو عبر الأدبيات العلمية أو قواعد البيانات، أو عن طريق فهم الأفراد وممارساتهم، لا يمكن أن يكون العلم مفيداً ولا يمكن تطويره إلى مجموعات معرفية قابلة للاستخدام.

قياس القدرات العلمية: إنشاء المؤشر

القـــدرات العلمية مفهوم معقد متعدد الوجوه يستعصي على القياس في أحد معانـــيه. ومع ذلك، يمكن الوصول على الأقل إلى معنى تقريبـــي لدرجة جاهزية البلد من أجل ولوج الأكاديمية العالمية الخفية أو المشاركة فيها وذلك بجمع البيانات عـــن مخـــتلف المدخلات المتصلة بالقدرات العلمية وتوحيد هذه البيانات في مؤشر واحـــد[6]. يعـــتمد المؤشر الذي نعرضه هنا على ثمانية مؤشرات رئيسة: (1) الناتج المحلي الخام للفرد و(2) نسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية و(3) عدد العلماء والمهندسين لكل مليون نسمة و(4) عدد المؤسسات البحثية لكل ملـــيون نسمة و(5) الإنفاق على الأبحاث والتطوير كنسبة من الناتج المحلي الخام و(6) عـــدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة و(7) عدد المقالات المنشورة في المجلات الدولية للعلوم والتكنولوجيا لكل مليون نسمة و(8) الحصة النسبية للدراسات التي تم تألـــيفها ضـــمن تعـــاون دولي من قبل كل بلد في العام 2000. (انظر الملحق أ للحصول على تفاصيل إنشاء المؤشر).

يمكن تقسيم هذه المؤشرات إلى فئات ثلاث: "العوامل المساعدة" التي تساعد على إنتاج بيئة مواتية لاستيعاب المعرفة والاحتفاظ بها وإنتاجها ونشرها؛ و"الموارد" الـــتي يمكـــن تخصيصها مباشرة لنشاطات العلوم والتكنولوجيا؛ و"المعرفة الكامنة" للعلوم والتكنولوجيا، بما فيها مدى ارتباط الباحثين بالمجتمع العلمي العالمي.

تتمـــثل العـــوامل المساعدة بالناتج المحلي الخام للفرد ونسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية، أو عدد الطلاب الملتحقين بالتعليم العالي في الأقسام العلمية كنسبة من الفئة العمرية بين السكان بعد خمس سنوات أو أقل من إنهاء التعليم الثانوي[7]. يعطي المؤشر الأول قياساً مباشراً لسهولة العمل ضمن نظام وطـــني خـــاص أو يقدم معدّل أو قيمة وسطية للمعلومات حول الطرق والكهرباء والـــنقل والاتـــصالات ومـــا إلى ذلك. ويبين القياس الثاني مدى دعم الأمم للقوة العاملـــة المـــتعلمة ودرجـــة تقيـــيمها لهـــا وتوفيرها. ومن المستبعد أن تؤتي حتى الاستثمارات الكبرى في العلوم ثمارها إذا بقي سكان البلد في معظمهم غير مثقفين وبـــلا مهارات. لذلك فإن محاولة إنشاء مركز للأبحاث الطبية الحيوية، على سبيل المـــثال، في بلـــد تتفـــشى فيه الأمية يشبه محاولة زراعة البلوط في الصحراء. ومن

المستبعد في هذه الحالة أن تضرب المشروعات جذورها في المجتمع، فما بالك بازدهارها. ولتوليد معرفة من شأنها أن تعطي منافع اجتماعية، تحتاج المراكز الاجتماعية إلى ما هو أكثر من الفنيين المهرة وموظفي الدعم فقط؛ إنها في حاجة إلى إقامة روابط مع اقتصاد يتمتع بالقدرة على اكتساب تلك المعرفة وتطبيقها لتحقيق غايات مفيدة.

تنعكس الموارد المتاحة للعلوم والتكنولوجيا في عدد العلماء والمهندسين وعدد المؤسسات البحثية وحجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير. وتقيس هذه المؤشرات قدرة السكان على الانخراط في حل المسائل العلمية ومدى تمكن العلماء من استخدام المراكز البحثية والموارد المالية التي تخصصها الدولة للعلوم جملةً.

ويتمثل مخزون البلاد من المعرفة الكامنة - التي تطورت محلياً ويمكن وضع تصور للاستفادة منها واستخدامها في المستقبل - بعدد براءات الاختراع والمقالات المنشورة في مجلات العلوم والتكنولوجيا لكل مليون نسمة. أما الحصة النسبية للبلد من الدراسات العالمية فتقيس قوة ارتباطه بالعالم الخارجي، إضافة إلى مدى عمل الباحثين الوطنيين على مستوى عالمي.

ولإنشاء المؤشر، نقوم بتوحيد كل من هذه المؤشرات ثم نجمعها للحصول على قياس واحد للقدرات العلمية. ثم نعطي الموارد التي تمثل المقاييس المباشرة للقدرات وزناً أكبر بمرتين من وزن العوامل المساعدة والمعرفة الضمنية وقوة الارتباط. يبين الجدول 6-1 ترتيب 76 بلداً باستخدام هذه العملية.

ليس من المستغرب أن نرى الولايات المتحدة وكندا والسويد والبلدان الصناعية المتقدمة الأخرى، بلدان أوروبا على نحو أساسي، في صدارة اللائحة. والواقع أنه إذا لم يكن الأمر هكذا، فقد يوحي ذلك بخلل في إنشاء المؤشر. لكن الجدول يفاجئنا في بعض النقاط. فهناك على سبيل المثال بضعة من بلدان الكتلة السوفييتية سابقاً (سلوفينيا وإستونيا وجمهورية التشيك) بين الأمم ذات الكفاءات العلمية. بينما نجد بلداناً أخرى (هنغاريا وكرواتيا وليتوانيا وبولندة وبلغاريا) تأتي مباشرة قبل اثنين من البلدان الفقيرة هما كوبا والأردن. أما البرازيل وتركيا والمكسيك فتأتي جميعاً متأخرة عن أذربيجان. ويمكن أن يساعد تحليل المؤشر إلى مكوناته الرئيسة في تفسير هذه الحالات الشاذة الواضحة؛ نناقش هذه المسألة في الملحق أ.

الجدول 6-1. ترتيب ستة وسبعين بلداً باستخدام المعدل "الوزني"

	البلدان المتقدمة		البلدان النامية		البلدان النامية (تتمة)
1	الولايات المتحدة	28	بيلاروسيا	56	موريشيوس
2	كندا	29	البرتغال	57	ماليزيا
3	السويد	30	سلوفاكيا	58	بوليفيا
4	فنلندة	31	هنغاريا	59	تونس
5	سويسرا	32	كرواتيا	60	البيرو
6	اليابان	33	ليتوانيا	61	بنغلادش
7	ألمانيا	34	بولندة	62	باكستان
8	الكيان في فلسطين المحتلة	35	بلغاريا	63	أوغندة
9	أستراليا	36	كوبا	64	تايلاند
10	الدانمارك	37	الأردن	65	الفلبين
11	المملكة المتحدة	38	الأرجنتين	66	مصر
12	النرويج	39	لاتفيا	67	الإكوادور
13	فرنسا	40	أذربيجان		
14	هولندة	41	تشيلي		***البلدان المتأخرة***
15	بلجيكا	42	مقدونيا	68	سورية
16	النمسا	43	رومانيا	69	السنغال
	البلدان ذات الكفاءات	44	جنوب أفريقيا	70	نيكاراغوا
17	سنغافورة	45	كازاخستان	71	إندونيسية
18	جمهورية كوريا	46	ملدوفا	72	سريلانكا
19	نيوزيلندة	47	الصين	73	تونغو
20	إيرلندة	48	الكويت	74	جمهورية أفريقية الوسطى
21	روسيا	49	كوستاريكا	75	نيجيريا
22	سلوفينيا	50	البرازيل	76	بوركينا فاسو
23	إيطاليا	51	إيران		
24	إسبانيا	52	تركيا		
25	إستونيا	53	المكسيك		
26	اليونان	54	أرمينية		
27	جمهورية التشيك	55	الهند		

ومن المهم التأكيد أن هذا المؤشر لا يقيس القدرات العلمية بالمعنى المطلق، بل يــبين فقط الترتيب النسبــي للبلدان استناداً إلى هذه المؤشرات. فضلاً عن ذلك، فــإن القــيود المفروضــة على توفر البيانات في بعض البلاد تحد من عدد البلدان المستخدم في حساب قيمة أي مؤشر إجمالي. ومع ذلك، يمكن لواضعي السياسات أن يشرعوا بمهمة حصر القدرات العلمية في بلدالهم بتكييف المنهجية الكائنة خلف هذا المؤشر.

إيصال فيتنام إلى الأكاديمية العالمية الخفية

بدأت هذه الجهود في عام 2000 على يد "تران نغوك كا" نائب مدير "المعهد الفيتنامي الوطني للسياسات والاستراتيجيات في العلوم والتكنولوجيا" (NISTPASS)، وهو قسم مستقل أنشئ ضمن وزارة العلوم والتكنولوجيا (MOST)، وذلك عندما قــام بعملية لحصر قدرات فيتنام في العلوم والتكنولوجيا. وكانت هذه نقطة البداية نحــو وضع خطة طويلة الأجل لجعل فيتنام جزءاً من مجتمع البلدان العلمية المتقدمة. وأصــبح المسؤولون في وزارة العلوم والتكنولوجيا مقتنعين بأن البلاد في حاجة إلى تعزيــز العلــوم والتكنولوجــيا بفاعلية أكبر لمكافحة الفقر الاقتصادي والحرمان الاجتماعــي. وتــبعاً لــذلك، كانت البلاد في حاجة إلى استراتيجية صاعدة (من القاعــدة إلى القمة) لبناء القدرات العلمية من أجل اقتصاد قائم على المعرفة. وكان ذلك هو التحدي الذي واجه "كا".

عالم جديد شجاع

بدأت معظم سلطات وزارة العلوم والتكنولوجيا سعيها لبناء القدرات العلمية في عــالم مخــتلف جداً عما وصفه "فانيفار بوش" في دراسته ما بعد الحرب العالمية الثانية بعنوان: *العلوم والحدود التي لا نهاية لها*[8]. فأثناء حقبة القومية العلمية في القرن العــشرين، أنــشئت هيــئات حكومــية كــبرى في العالم المتقدم لإدارة العلوم والتكنولوجــيا ولرعاية الإبداع على المستوى الوطني. وقامت الدول المتقدمة علمياً بوضــع أنظمة ومعايير قياسية وتأمين التمويل وبناء مؤسسات لرعاية منافع العلوم وتحقــيقها. لكــن فيتنام لم تكن تأمل بإنشاء مثل هذا النظام، نظراً لقلة ذات اليد

وللـــزيادة الهائلـــة في الـــبحوث في أنحاء العالم. أدرك المسؤولون في وزارة العلوم والتكنولوجـــيا أن فيتنام لا تستطيع الاستثمار في جميع مجالات العلوم، ولا يمكنها بـــناء جمـــيع المؤســـسات اللازمة لتطوير القدرات العلمية. وحتى يكتب النجاح لاســـتراتيجية فيتنام للعلوم، ينبغي لها أن تنشئ نظاماً ذا تركيز دولي. وقد ينطوي ذلـــك على تغيير كبير لدولة عانت أهوال الحرب عقوداً ثم تلاها تخطيط مركزي وحقبة من الانعزال النسبـــي عن العالم.

لم يكـــن "كـــا" بحاجة إلى الاقتناع بحكمة هذا الأسلوب، وهو الحاصل على دكتوراه في تخطيط العلوم والتكنولوجيا في جامعة إدنبرغ. لقد منحته دراساته، مع زياراتـــه إلى أوروبا وأمريكا الشمالية واليابان، فكرة عميقة عن ديناميات الاقتصاد القـــائم علـــى المعرفة والحاجة إلى إنشاء نظام تكيفي مرن ذي تطلعات خارجية. يوضح "كا" قائلاً: "إننا نجري نقاشاً في فيتنام. فاختيار الاستثمار غير الصحيح يعدّ مـــضيعة للـــوقت والمال. لكن ما هو الاستثمار الصحيح؟ إن الإجابة تُراوح جيئة وذهاباً بين الاستثمار في البنية التحتية والاستثمار في البشر. لكني نظرت إلى المسألة علـــى نحو مختلف. بالنسبة لي فإن *الانعزال* واحد من أكبر المشكلات التي تواجهنا. نحن بحاجة إلى تعزيز انفتاحنا الدولي"[9].

إجراء عملية حصر للقدرات

بـــدأ "كـــا" مهمـــته بدراسة العوامل المساعدة التي تدعم القدرات في العلوم والتكنولوجـــيا. لم تكـــن الصورة الأولية مشرقة جداً. فقد كان الناتج المحلي الخام للفـــرد منخفضاً جداً في فيتنام، فكان ترتيبه 156 بين معدلات جميع البلدان في عام 2002. كذلك كانت النسبة الإجمالية للالتحاق بالدراسات الجامعية العليا عبر جميع التخصـــصات عند 10 بالمئة فقط وفقاً لمنظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (UNESCO). لكن "كا" تشجع بحقيقة أن فيتنام كانت تزيد استثمارها في التعليم[10].

وعـــندما حـــول "كـــا" انتـــباهه إلى المـــوارد التي يمكن تخصيصها للعلوم والتكنولوجـــيا، أصـــبح واضحاً أنه على الرغم من أن فيتنام لم تستثمر الكثير في القـــدرات العلمية، إلا أن البلاد لم تكن تبدأ من الصفر. فقد كانت فيتنام في بداية العقد الأول من القرن العشرين موطن عدد من الموظفين الحاصلين على تدريب في

يـــزيد على العدد المتوقع في بلد من حجمها ومستوى تنميتها الاقتصادية. لقد كان عـــدد العلمـــاء والمهندسين في البلاد لكل مليون نسمة قريباً من المتوسط الدولي. وبالمـــثل، كـــان عدد المؤسسات البحثية في فيتنام، نسبة إلى عدد سكانها، يقارب المعـــدل المـــسجل في البلدان النامية صناعياً. لكن فيتنام، مقارنة بنظيراتها، كانت متأخـــرة في نسبة الناتج المحلي الخام المخصصة للعلوم والتكنولوجيا، وهي المقياس الأكثر شيوعاً للاستثمار المباشر في العلوم والتكنولوجيا، كما كانت تخصص نسبة صـــغيرة جـــداً من موازنتها الوطنية للعلوم والتكنولوجيا (جاء معظم التمويل من الجهات المانحة). وقد أحرزت البلاد أخيراً بعض التقدم في هذا المجال، لكن المطالب المحلية الملحة صعّبت عملية زيادة الاستثمار في التطوير والتكنولوجيا.

ومـــع ذلـــك، عـــندما درس "كا" مخزون فيتنام من المعرفة الكامنة، وجد أن إنجازات البلاد العلمية تجاوزت التوقعات التي تتماشى مع حجم اقتصادها. ففي عام 2002، نـــشر الباحـــثون المقيمون في فيتنام رقماً قريباً من 400 دراسة في مجلات معـــروفة دولـــياً للعلـــوم والتكنولوجيا. وكان أداء البلاد قوياً على نحو خاص في الرياضـــيات، الـــتي تـــسمى غالباً "لغة العلم" وترتبط ارتباطاً وثيقاً بمجال علوم الكمبيوتر. إضافة إلى أن البلد كان يتمتع بنقاط قوة في علوم المواد، بما فيها تطوير "البوليميرات" والبنيات متناهية الصغر.

أدرك "كا" أيضاً أن أنواع المعرفة الكامنة التي يتم تدوينها بطريقة أقل رسمية، وحـــتى التي لا يتم تدوينها، يمكن أن تؤدي دوراً لا يقل أهمية في تحديد استراتيجية الـــبلاد في العلـــوم. وهو يوضح ذلك قائلاً: "القدرات الحقيقية كامنة في البشر، ونطلـــق علـــيها أحياناً تسميات أخرى، لكنها تستثمر في البشر ضمن الشركات والجامعـــات. إنها تتمثل في *التعلم*، ويمكنك رؤية طرق مختلفة للتعلم: التعلم بالعمل والـــتعلم بالتدريب الرسمي والتعلم عبر التفاعل"[11]. ربما استطاع التعلم والمعرفة أن يمنح فيتنام قدرة على ابتكار معرفة جديدة وجذب اهتمام الباحثين العاملين خارج البلاد.

عـــرف "كـــا" مثلاً أن مربيي القريدس (الربيان) على الساحل يملكون قدراً كـــبيراً من الخبرة في إدارة المشكلات المتصلة بتربية الأحياء المائية. ويمكن أن نكرر القـــول ذاته عن مزارعي الفاكهة في دلتا نهر الميكونغ. لكن لأن هذه المجموعات لم

تكـــن مـــرتبطة دائماً بالمؤسسات البحثية، فلم يكن من المرجح أن تعطي معرفتها الخاصة بالظروف المحلية تغذية راجعة في عملية الأبحاث. لذلك استلزم الأمر تصميم سياســـات تهدف إلى تحصيل هذه المعرفة الكامنة، وجعلها متاحة للباحثين، وتوفير التغذية الراجعة بالنتائج لأولئك العاملين في المجال، والحصول على تغذيتهم الراجعة مـــرة أخـــرى. وهذا يعني جزئياً الاستثمار في البرمجيات الجديدة وقواعد البيانات والمختـــبرات إضافة إلى تدريب الطلاب المتفوقين خارج البلاد. كذلك فقد شجع واضعو السياسات في فيتنام إنشاء روابط مع مراكز الأبحاث الزراعية الدولية، مثل المراكـــز التي ترعاها "المجموعة الاستشارية للأبحاث الزراعية الدولية" (وهي مجموعة حكومـــية دولـــية يرعاها البنك الدولي). وكان من شأن هذه الروابط أن وفرت إمكانية للحصول على معلومات مهمة عن المعايير الفنية التي كانت ضرورية لتطوير الأبحاث المحلية. كما قام واضعو السياسات بالاستفادة من فرص التعاون المحلي التي وفـــرها "ملتقـــى التعاون الاقتصادي في آسيا والمحيط الهادئ" (APEC). ويوجد الـــيوم، مثلاً، تعاون بين فيتنام واليابان في الجهود المبذولة لاختبار جودة المنتجات المحلية.

إن هـــذا المثال الأخير يسلط الضوء على أهمية الروابط في سياسات العلوم في فيتـــنام. وربما يظهر التحدي الأكبر عبر السؤال المتعلق بكيفية ربط البلاد بالمجتمع العالمـــي الكبير. يقول "كا": "المشكلة الكبرى التي تواجهنا هي في الاتصال بالعالم الخارجـــي. لديـــنا علمـــاء جيدون هنا، وهم مجدّون في عملهم، لكنهم غالباً غير معـــروفين في العـــالم الكبير لأن الجزء الأكبر من عملهم ومن نشر مؤلفاتهم يتم في فيتنام. علينا أن نساعد علماءنا على تعزيز ثقتهم وروابطهم على المستوى العالمي".

ربمـــا لم تتضح المشكلة على الفور من نظرة خاطفة على قياسات ارتباط البلد بشبكات العلوم العالمية. فقد تفوقت فيتنام على دول أخرى في قياسات مثل الحصة النـــسبية للدراســـات العالمـــية الناشئة في كل بلد، وحققت معدلاً مرتفعاً جداً في التعاون الدولي بنسبة تزيد على 70 بالمئة من جميع الأعمال التي تم تأليفها بمشاركة علمـــاء مـــن بلدان أخرى. لكن ذلك صحيح لدى معظم البلدان الصغيرة لأنها لا تـــستطيع أن توفر المجموعة الكاملة من الموارد التي يحتاجها العلماء المحليون. وتطرح هـــذه الحقائـــق سؤالين اثنين: هل يدل التعاون على الروابط أم على التبعية؟ وهل

تــساعد المــوارد التي يتم تقاسمها على المستوى العالمي على بناء القدرات في البلد الأم؟ إذ يتم أحياناً إقامة الروابط مع المجتمع العلمي الدولي على حساب الروابط المحلية، وخاصـــة في حال غياب أجزاء أخرى من البنية التحتية العلمية أو ضعفها. وينبغي أيضاً ربط نقاط القوة العلمية بالتطبيقات المحلية حتى تكون مستدامة عبر الزمن.

وللتـــشجيع علـــى زيـــادة التفاعل وعلى تحقيق تفاعل أكثر إنتاجية أيضاً، قرر المـــسؤولون في وزارة العلوم والتكنولوجيا ترك العلماء يتولون زمام الأمور في ما يتصل بتحديد فرص التعاون الدولي. فأنشأت الوزارة غرفة محادثة عبر الإنترنت تضم العلماء في نقاشات حقيقة حول "التحدب" (convexity) والرتابة (monotonicity) (وهما سمـــتان مهمتان في بعض الوظائف الرياضية)، ويمكن لأي شخص مهتم أن ينضم إلى هذا المنتدى المفتوح. وهكذا تم ربط كبار العلماء والطلاب في بلدان أخرى ممن عملوا معـــاً وكانـــت لهم روابط مع علماء في بلدان أخرى، ولكثير منهم جذور في فيتنام. يوضـــح "كـــا" قائلاً: "يمكننا بهذه الطريقة أن ننظم مجموعات فرعية تركز على إجراء مناقـــشة مكـــثفة لموضـــوع محدد، وعندما يصلون إلى نقطة يصبحون فيها راغبين في الاجتماع وجهاً لوجه، يمكنهم طلب التمويل مع بيان تاريخ التفاعل بينهم". وسرعان مـــا آتـــت هذه الاستراتيجية ثمارها: فاستضافت فيتنام مؤتمراً عالمياً حول "التحدب" و"الرتابة" في عام 2002[12] استناداً إلى الروابط التي قامت عبر الإنترنت.

تحديد الأولويات

لم تكن هذه التحركات الإيجابية لتحديد القدرات العلمية ثم بنائها سوى جزء واحـــد من استراتيجية فيتنام. فقد سعى المديرون ضمن وزارة العلوم والتكنولوجيا إلى تحديـــد مجالات الاستثمار ذات الأولوية. وتمكنت الوزارة من تنفيذ هذه المهمة بعدة طرق. إن بعض الدول، مثل الولايات المتحدة، عملت على تحديد الأولويات باســـتخدام عملـــية سياسية تركز على مهمات عامة في الدفاع والطاقة والفضاء والـــصحة كموجه للاستثمار، يلاحظ أن التشريعات في الولايات المتحدة تؤثر في هذه العملية تأثيراً كبيراً.

وفي الـــيابان، يـــتم تحديد الأولويات في مجالات العلوم عبر عملية مسح توافقي تجريها الوزارة المكلفة بدعم العلوم والتكنولوجيا. ويتم في هذه العملية

جمــع الآراء والملاحظــات مــن مئات الباحثين ومديري الأبحاث في العلوم أو التكنولوجيات التي يمكن أن تساعد في تلبية الاحتياجات الاجتماعية المهمة[13]. وبعد جمع الآراء من مصادر متعددة ثم ترتيبها، تستخدم هذه المعلومات موجهاً لوضع موازنة العلوم العامة؛ وتأتي النتائج إلى حد بعيد في صالح العلوم التي تدعم الصناعة.

أما في أوروبا، فإن مجموعات من الخبراء والمواطنين تلتقي لمناقشة الاحتياجات الاجتماعــية والفرص العلمية والفنية والموارد المتاحة في عملية تعرف بـــ "فورسايت" (Foresight) أو "البصيرة". وتحدد نتائج هذه المداولات عمليات اتخاذ القرار بشأن الموازنات على المستويين الوطني والقاري. ورغم أن تأثير فرق "البصيرة" يختلف عبر الــبلدان، إلا أنهـــا تمثل سمة مشتركة في عملية تحديد الأولويات العلمية في أوروبا. كذلك غالباً ما تكون لديها أجندة اجتماعية.

بـــدلاً مـــن اعـــتماد أي مـــن هذه الأساليب، اختار مسؤولو وزارة العلوم والتكنولوجـــيا التركيـــز علـــى تحديـــد نقـــاط القوة الموجودة في فيتنام وربطها بالاحتـــياجات والقـــدرات المحلية ومن ثم البناء انطلاقاً من تلك النقطة. وأدركت الـــوزارة أنهـــا يجب أن تكون انتقائية في هذه العملية وأن تقوم بما كان مناسباً في السياق الفيتنامي. ووفقاً لـــ "كا"، فقد كانت فكرة التركيز التي وجهت جهودهم تقول: "لا تنشر الموارد بنسبة ضئيلة، كن مستعداً لتحمل المخاطرة في استثمار كبير في مجـــال يملـــك فـــيه بلـــدك إمكانيات وله فيه احتياجات". ينبغي أن تتم هذه الاستثمارات على نحو يساعد المؤسسات المحلية على التعلم من عملية مواجهة تحدٍّ ذي أهمـــية محلية. ويجب أيضاً أن تدمج كلاً من قدرات الاستثمار المحلي وروابطها بالإمكانيات التي يقدمها الشركاء الإقليميون أو العالميون.

حدد ممثلو وزارة العلوم والتكنولوجيا نقاط القوة العامة في فيتنام، وهي ثقافة تقدر المعرفة والتعليم، مع عدد كبير من العمالة منخفضة التكاليف، إضافة إلى توافر حسن النية في العالم الخارجي، وهذا ليس مستحيلاً لكثرة الفيتناميين المغتربين الذين تدربـــوا كعلمـــاء وباحثين في بلدان أخرى. ووجدت الوزارة كذلك أن العلماء الفيتنامـــيين على ما يبدو ناجحون نجاحاً خاصاً في مجالات محددة. وكانت مقالات الباحثين الفيتناميين حول الأمراض المعدية قد ذُكرت بوجه خاص على نطاق أوسع

مـــن المقالات التي نشرت في مجالات أخرى. وتقدم فيتنام، فضلاً عن ذلك، فرصاً كـــثيرةً للباحثين المحليين والدوليين من أجل دراسة أمراض مثل الجذام وأنفلونـــزا الطـــيور ومتلازمة الالتهاب الرئوي الحاد (سارس) والحمى النـــزيفية المعدية عند الأطفـــال. كمـــا بـــرزت بين الموضوعات الأخرى دراسة السلالات المقاومة من البكتريا أو الفيروسات التي كانت مدعاة للقلق وسبباً لإجراء البحوث. وبالنتيجة، اخـــتارت الوزارة التكنولوجيا الحيوية لتكون أحد المجالات التي تتركز عليها جهود فيتنام العلمية في القرن الحادي والعشرين.

بناء البنية التحتية العلمية

وكمـــا يـــبين مـــثال فيتنام، فإن المخزون الأساسي من الوظائف الأساسية (الملخصة في الجدول 6-2) الذي يسهم في المقدرات العلمية يمكن أن يكون نقطة انطلاق قوية لصياغة استراتيجية العلوم الوطنية. لكن إذا أريد لهذه الاستراتيجية أن تحقـــق النجاح، فينبغي على واضعي السياسات أن ينظروا إلى أبعد من مجرد تمويل العلـــوم. إذ يجب أن يشمل التركيز الوظائف والخدمات التي تدعم الأبحاث العلمية والتطور التكنولوجي، وعليهم أن يوسعوا تركيزهم ليشمل البنية التحتية التي تدعم القـــدرات العلمـــية. ومن دون هذا القالب الأساسي، فسوف يحكم بالفشل على محـــاولات بـــناء القدرات العلمية بالتركيز على الأبحاث والتطوير، إذ لا يمكن أن تـــستمر نشاطات إبداع المعرفة من غير وجود الخدمات ووظائف الخدمات المتصلة بالعلوم والتكنولوجيا.

لكـــن المشجع في الأمر هو أنه على الرغم من أن بناء البنية التحتية للعلوم والتكنلوجـــيا كان يتم عادة على المستوى الوطني، إلا أن ذلك لم يعد ضرورياً. ولم يعد لزاماً على كل بلد أن يؤدي بنفسه كل وظيفة في نظام الدعم لديه. لقد أصـــبح ممكـــناً شراء بعض المكونات أو استعارتها من أماكن أخرى، مثل وضع المعـــايير والـــتحقق مـــن المعرفة. وربما أمكن تقديم هذه الخدمات على المستوى الإقليمي أو الدولي عبر مؤسسات غير حكومية أو مؤسسات حكومية دولية. يعد فهم هذه المكونات الأساسية الخطوة الأولى نحو إقامة البنية التحتية التي تدعم نظام العلوم والتكنولوجيا.

عناصر البنية التحتية للعلوم والتكنولوجيا والهندسة

الجدول 6-2. وظائف القدرات العلمية

مكون البنية التحتية أو وظيفتها	المكون الثانوي	المجال القياسي في البلدان ذات القدرات العلمية والفنية المتقدمة
المختبرات العلمية والفنية		مؤسستان إلى تسع مؤسسات لكل 100000 نسمة.
	المعدات المخبرية	يتطلب تمويل الأبحاث والتطوير زيادة بنسبة 20 بالمئة في الإنفاق على المعدات.
	المساحة المخصصة للمختبرات	يخصص ما بين 250 إلى 1000 قدم مربع من أجل كل واحد من موظفي المختبرات
	الإنفاق العام على الأبحاث	يبلغ الإنفاق الإجمالي على الأبحاث والتطوير 60 مليون دولار لكل 100000 نسمة.
	حصة الحكومة من الأبحاث الأكاديمية	تمول الحكومة نسبة 60 إلى 70 بالمئة من الأبحاث القائمة على الجامعات.
	حصة الحكومة من أبحاث الشركات	تمول الحكومة أكثر من 6 بالمئة من الأبحاث القائمة على الشركات
	إسهام الصناعة في الأبحاث الأكاديمية	تمول الصناعة نحو 6 بالمئة من الأبحاث الأكاديمية
خدمات المعايير والاختبارات والقياس		تنفق الحكومات 50000 مليون دولار لكل 100000 نسمة على خدمات التوسيع.
خدمات التوسيع ونقل التكنولوجيا وجمع المعلومات		تسهم الحكومات بقيمة قريبة من 200000 دولار لكل 100000 نسمة على خدمات التوسيع.
لم تكن الروائز ملائمة للبيانات المتاحة من أجل مكونات البنية التحتية التالية.		
حماية الملكية الثقافية	تقدم الحكومة الإطار القانوني؛ يتولى القطاع العام منح حقوق الملكية الفكرية والدفاع عنها أمام القضاء وغالبا ما تكون مكاتب براءات الاختراع ممولة ذاتيا.	تميل الشركات في كثير من البلدان إلى تسجيل براءات الاختراع في الولايات المتحدة أو أوروبا أو اليابان أو جميعها لتأمين حماية واسعة في السوق.
التعليم والتدريب المهني	تتولى الحكومة (الوطنية والإقليمية والمحلية) والقطاع الخاص توفير فرص التدريب؛ ثمة تفاوت كبير في حجم الإنفاق ومن الصعب وضع تقدير له.	عادة ما تكون الحكومة على درجة عالية من الالتزام بالتدريب المهني والفني.
الخدمات التنظيمية والامتثال للقوانين	تتولى الحكومة (الوطنية والإقليمية والمحلية) وضع القوانين وتقدم خدمات الامتثال لها؛ وتقدم الشركات أيضا خدمات الامتثال للقوانين؛ ومن الصعب وضع تقدير لحجم الإنفاق.	لدى بلدان مختلفة مزيج شديد الاختلاف من الأنظمة والخدمات؛ وهناك اختلاف واضح في الجهة المسؤولة عنها (القطاع العام أو الخاص) بين البلدان.

المصدر: حسابات المؤلف المستندة إلى بيانات من منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية وبيانات حكومية أخرى.

أ. الإنفاق الإجمالي على الأبحاث والتطوير مقدر بالدولار الأمريكي في عام 2005. التعريف مأخوذ من منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية.

عـــادة مـــا يعرف هذا النوع من البنية التحتية بأنه المنشأة المادية أو الخدمات الأساســـية الـــتي تـــسهم في الحفاظ على نظام العلوم والتكنولوجيا. أما المكونات الأساسية للبنية التحتية العلمية فهي: (1) المختبرات والأجهزة و(2) خدمات المعايير والاختـــبار والقياس، بما فيها الخدمات التنظيمية والامتثال للقوانين و(3) خدمات التوســـيع ونقـــل المعرفة وجمع المعلومات و(4) حماية الملكية الفكرية. ويمكن إيجاد وظائـــف دعم مشابهة في جميع البلدان المتقدمة علمياً، بالرغم من أنها قد تتوافر من مـــزيج مخـــتلف من مؤسسات القطاع العام والخاص والأكاديمي من بلد إلى آخر. ففـــي أمريكا الشمالية، على سبيل المثال، يتولى القطاع العام تقديم معظم التمويل للأبحـــاث. ومـــع ذلـــك، نرى أن القطاع الخاص في اليابان يمول معظم الأبحاث. وبالمثل، فإن القطاعين العام والخاص يلعبان أدواراً مختلفة في صياغة المعايير وإنفاذها في أوروبـــا والـــولايات المتحدة. ويظهر هذا التنوع في الأساليب التباين الكبير في الظـــروف الأولية لنشوء المؤسسات العلمية عبر الزمن. ومع تطور النظم الوطنية، يتخذ كل منها مجموعة مختلفة من الخصائص، وهي بالمناسبة دليل على أن مكونات الـــنظام التكيفي المعقد يمكن أن تنتظم وتمتزج بطرق عديدة مختلفة. ولست أحاول هـــنا عـــرض مسألة ما إذا كان أي نظام يتمتع بخصائص تميزه عن غيره، بل أركز علـــى النـــشاطات والوظائف التي تشترك فيها جميع نظم العمل. وأسعى أيضاً إلى إنتاج إحساس بحجم هذه الوظائف وتنظيمها ضمن البلدان المتقدمة علمياً.

المؤسسات العلمية والفنية

تمـــثل هذه المؤسسات العمود الفقري في أي بنية تحتية علمية. وتنظر كثير من الـــبلدان إلى الاستثمار في المختبرات والأجهزة (والتي تقع عادة في الجامعات أو في مراكز بحثية مستقلة) كجزء حاسم من استراتيجيتها العلمية. فضلاً عن ذلك، ولأن هـــذه المؤسسات عادة ما تكون مبنية من الطوب والملاط، فإن تحديدها أسهل من تحديـــد الأصـــول غـــير الملموسة مثل مهارات الأفراد وخبراتهم. كذلك فإنه من الأســـهل أن نحصي المواد الأكثر وضوحاً، وهذا يعني توافر بيانات عن المؤسسات والأجهـــزة العلمية والفنية أكثر مما هو متوافر عن أي عنصر آخر من البنية التحتية. مـــثلاً، تبين بيانات مأخوذة من البنك الدولي أن معدل المؤسسات العلمية أو الفنية

في البلدان المستقدمة علمياً يبلغ ثلاثة لكل 100000 نسمة[14]، وفقاً لإحصائيات أخذت من معدل وسطي بين ستين دولة متقدمة علمياً. وتمتد هذه المؤسسات ضمن الولايات المتحدة على مساحة إجمالية تزيد على 100 مليون قدم مربع استناداً إلى بيانات جمعت من قبل مؤسسة العلوم الوطنية[15]. وتبلغ المساحة المخصصة لكبار الباحثين (الباحثين الرئيسين في برامج منح ممولة) أكثر من 2000 قدم مربع وسطياً لكل منهم من المساحة الكلية المخصصة لإجراء الأبحاث، وذلك مقارنة بمساحة تزيد على 200 قدم مربع من أجل كل شخص يعمل تحت إشرافهم[16].

وتمول الحكومة نسبة كبيرة من تكاليف المنشآت والأجهزة في هذه المؤسسات. ففي عام 2000، أسهمت حكومة الولايات المتحدة بنسبة قاربت 10 بالمئة من تكاليف الإنشاء الكلية للمختبرات البحثية الأكاديمية، حتى أثناء تغطية التكاليف الرأسمالية لمختبراتها[17]. فضلاً عن ذلك، غالباً ما كانت الحكومة تغطي تكاليف الأجهزة المتخصصة التي يحتاجها الباحثون، فكانت تقدم التمويل على أساس كل حالة. وتشير تقديرات "مؤسسة العلوم الوطنية" إلى أن الحكومة الفدرالية غطت تكاليف نحو 60 بالمئة من الإنفاق الإجمالي على المعدات البحثية الأكاديمية في عام 2000[18].

ويبدو عموماً أن البلد المتقدم علمياً يخصص وسطياً نسبة تزيد على 2 بالمئة من ناتجه المحلي الخام للأبحاث والتطوير. وعادة ما تنال هذه الأموال ثلاثة قطاعات تنتشر عبرها، وهي المختبرات الحكومية والمختبرات الصناعية والمختبرات الأكاديمية. فقد بلغ الإنفاق العام على البنية التحتية العلمية والتكنولوجية في الولايات المتحدة، وفقاً لدراسة من المجلس الأمريكي للعلوم الوطنية، نسبة 20 بالمئة من إجمالي الإنفاق على الأبحاث والتطوير منذ عام 2002[19]. وبالمثل، فإن مؤسسة العلوم الوطنية تخصص أكثر من 20 بالمئة من موازنتها للبنية التحتية. وبذلك فمن الممكن القول كقاعدة عامة إن 20 سنتاً من كل دولار مخصص للأبحاث يذهب لتمويل المعدات والمنشآت المادية[20]. ويمكن أن يكون هذا الرقم بمنزلة موجه تقريبي لواضعي السياسات الساعين إلى تحديد حجم المال الذي ينبغي تخصيصه لتمويل العلوم والتكنولوجيا.

المعايير والاختبارات والقياس

إن هـــذه الوظائف غاية في الأهمية للاقتصاديات الصناعية المتقدمة[21]. فنطاق هـــذه النـــشاطات واسع وكذلك مداها، كما أن المنافع العائدة على الاقتصاديات واســـعة النطاق بدورها. وباستخدام خدمات المعايير والاختبارات والقياس، وغالباً ما يقدمها طرف ثالث محايد، يمكن للشركات طمأنة العملاء إلى أن منتجاتها تحقق المعـــايير من حيث الجودة أو قابلية التشغيل البيني (interoperability) أو الوظيفية (functionality). ففـــي العلـــوم، مثلاً، ينبغي أن تحقق المواد الكيميائية والأجهزة المجهـــرية المعـــايير المحـــددة بالضبط حتى تؤدي وظيفتها وفقاً لاحتياجات البحث العلمي.

تخـــتلف مسؤولية وضع المعايير العلمية وإنفاذها عبر البلدان والمجالات. تكون بعـــض الحكـــومات طرفاً مباشراً في وضع المعايير من أجل كل من القطاعين العام والخاص؛ بينما تتنحى حكومات أخرى عن مهمة وضع المعايير في القطاع الخاص لتنخـــرط فقـــط في تحديد المواصفات الخاصة بها. ونرى في كثير من الحالات أن الحكومات تقبل المعايير الخاصة في نظامها العام، والواقع أن المعايير توضع أحياناً في السوق أو عبر الممارسة. وتوضع في حالات أخرى بموجب القانون من قبل مجموعة مـــن صـــناع القرار. وعادة ما تشمل هذه الهيئات المسؤولة عن وضع المعايير، التي غالـــباً مـــا تكون ذات طابع دولي، أفراداً يمثلون كلاً من الجهات العامة والخاصة. مـــنها، علـــى ســـبيل المـــثال، قـــسم الفيزياء الكمية في "المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجـــيا" الـــتابع لحكومة الولايات المتحدة (NIST)، وهو إحدى الجهات التابعة لوزارة التجارة الأمريكية، الذي يعمل مع لجنة من المستشارين على قياسات أساسية شديدة الدقة وتحليلات نظرية باستخدام الفيزياء الكمية والبصريات الكمية والفيزياء الكيميائية وفيزياء الجاذبية والقياسات الجيوفيزيائية[22]. وهذا يشمل، مثلاً، تطويـــر الليزر كأداة للقياس الدقيق. ويجري تبادل المعايير الفنية مع أي جهة بحثية مهتمة بهذه الأدوات، سواء كانت هذه الجهة أجنبية أو محلية.

تُعطى مؤسسة واحدة على الأقل في جميع البلدان المتقدمة علمياً مسؤولية علم القـــياس القانـــوني، وهو تنظيم الأوزان والقياسات. وعادة ما تكون هذه المؤسسة معهـــداً وطنياً للقياس. فضلاً عن ذلك، ثمة مؤسسات معتمدة تؤدي دوراً مهماً في

هذه الاقتصاديات. وتقدم هذه الهيئات، مثل "مختبرات أندررايترز" (Underwriters', Laboratories)، ضمانات لتأمين الجودة من طرف آخر لقاء رسوم. وتشمل الخدمات المقدمة المعايرة والاختبار ومنح الشهادات والفحص والتحقق. وغالباً ما يتولى القطاع الخاص إنشاء هذه المجموعات وتشغيلها، بالرغم من وجود عدد من الهيئات الدولية التي تساعد على ضمان اتساق إجراءات اعتمادية المعايير. وهي متاحة لأي مستخدم مهما يكن أصله القومي[23].

خدمات توسيع البحث ونقل المعرفة وجمع المعلومات

ترعى بلدان كثيرة خدمات توسيع ونقل التكنولوجيا لمساعدة الأبحاث والتطوير والاختبارات والتقييم. ويبلغ حجم استثمار البلدان المتقدمة علمياً رقماً قريباً من دولارين للفرد وسطياً على خدمات التوسيع[24]. ويمكن أن تتخذ هذه النشاطات شكل "متاجر للعلوم"، مثل النشاطات التي تمولها حكومة هولندة التي تقوم بنقل المعرفة من الجامعات إلى قطاع الصناعة. ولدى حكومة اليابان شبكة من مراكز "كوسيتسوشي" الهندسية في كافة أنحاء البلاد لمساعدة قطاع الصناعة بالتطبيقات العلمية والتكنولوجيا والتكييف الهندسي[25]. وتدعم بلدان كثيرة مجمعات العلوم والتكنولوجيا فتقدم لها الأرض بكلفة منخفضة وتمنحها القروض لإنشاء المباني فضلاً عن الإعفاءات الضريبية للشركات التي تؤسس أعمالاً قائمة على النمو ضمن هذه المراكز. وتشمل الخدمات الأخرى المقدمة حاضنات أعمال تدعم المشروعات الناشئة (start-ups) الصغيرة القائمة على التكنولوجيا في روسيا[26].

كذلك تقوم الحكومات بجمع المعلومات الفنية عن قدرات المراكز البحثية الأجنبية وتتيحها لمن يحتاجها[27]. وربما كان هذا النوع من جمع المعلومات الاستخبارية ذا قيمة عظيمة بالنسبة للمستخدمين. وتتفاوت هذه الخدمات تفاوتاً واسعاً في حجمها وعمق المعلومات التي تقدمها. وربما كانت خدمات "الهيئة اليابانية للعلوم والتكنولوجيا" هي الأكثر تطوراً في هذا المجال. فهذه الهيئة تجمع المعلومات الفنية من العالم كله لاستخدامها في اليابان وتقوم بتحليلها ونشرها. وتناسب خدمات التوسيع في عدد من الحالات هيئات وضع المعايير أو التأمين

للـــتأكد مـــن أن الصناعات المحلية تعرف أن منتجاتها مطابقة لمعايير السوق وأنها تستطيع الإقرار بذلك.

حماية الملكية الفكرية

إن الـــسؤال عن الجهة التي يمكن أن تمتلك نتائج البحث العلمي والتحكم بها يـــثير جـــدلاً كبيراً، وقد أثار حتى الآن العديد من النـــزاعات القانونية والإدارية والتجارية[28]. ورغم أن فكرة المعرفة كملكية ليست فكرة جديدة، فقد نشأت مع نـــشوء العلوم الحديثة، إلا أن مجال الأبحاث، إضافة إلى طبيعتها المتغيرة وهيكليتها، كـــشف النقاش في التشريع القانوني لهذه الفكرة. وهذا صحيح بوجه خاص في ما يتـــصل بالمنـــتجات البيولوجـــية ومنتجات التكنولوجيا الحيوية. فقد قامت بعض الـــشركات الأجنبـــية، علـــى سبيل المثال، بتسجيل براءات الاختراع واستغلال منتجات طبيعية أصلية من البلاد لتحقيق الأرباح، مثل زيت شجرة الشاي الهندية. وليس من المستغرب أن تتأثر الحكومات بادعاءات تقول إن براءات الاختراع هذه ليـــست ملائمة[29]. وبالمثل، فقد أدى منح براءات الاختراع لمواد بيولوجية وهمية ومستنسخة إلى إثارة جدل كبير وغضب دولي.

ظهرت براءات الاختراع في الأصل من فكرة أن الاحتكار لوقت محدود يمكن أن يحفـــز علـــى إيجاد أعمال مبتكرة أو إبداعية والإعلان عنها وتطويرها. وكانت أهمـــية حماية حقوق المخترعين قد كتبت في دستور الولايات المتحدة عام 1789. ونجـــد الـــيوم في معظم البلدان المتقدمة علمياً مكتباً لحماية الملكية الفكرية يسجل بـــراءات الاختراع وحقوق النشر والعلامات التجارية ويتولى إنفاذها قانونياً. تعود هذه الخدمات بالمنفعة على العلماء في قطاع الصناعة على نحو أساسي (وموظفيهم بالطـــبع) الذين من الأرجح أن يسجلوا براءات الاختراع بدل نشر أعمالهم. لكن تسجيل براءات الاختراع في الولايات المتحدة أصبح أيضاً مهماً على نحو متزايد في القطـــاع الأكاديمـــي منذ إصدار قانون "بايه - دول" عام 1980 الذي سهل على الجامعـــات الحـــصول على حقوق الملكية الفكرية الناتجة عن الأبحاث التي ترعاها الحكومة. وأنشأت كثير من الجامعات مكاتب لتحديد الملكية الفكرية وتسجيلها. وبالنتيجة، زاد عدد الأبحاث الأكاديمية ذات التطبيقات التجارية. لكن بعض النقاد

يرون أن ذلك أدى إلى انخفاض في التدفق الحر للمعلومات العلمية[30] إذ يقولون إن الأبحاث التي ربما كانت ستنشر في السابق أصبحت اليوم محجوبة في الغالب بانتظار إنهاء المعاملات الرسمية مع الجامعة للكشف عن الاختراع وطلب براءة الاختراع من مكتب براءات الاختراع والعلامات التجارية في الولايات المتحدة. فضلاً عن ذلك، ربما كان معظم تلك الأبحاث يتاح مجاناً للجهات المهتمة في السابق، لكن الحصول عليه اليوم ليس متاحاً إلا لمن يستطيع دفع تكاليف الحصول على ترخيص بذلك.

تشير المناقشة السابقة لأعمال الأكاديمية العالمية الخفية إلى أن أي قيود على انتشار الأفكار والبيانات الجديدة يمكن أن تقلل فاعليتها وإنتاجيتها، فإنتاج المعرفة الناشئة يتوقف على وجود شبكات مفتوحة لتبادلها. ولهذا السبب، ينبغي ألا يكون البحث العلمي مثقلاً بالقيود، سواء كانت سياسية أو مالية. وبذلك، فإن معظم البلدان بحاجة إلى مكتب يشرف على عملية تسجيل براءات الاختراع للصناعات القائمة على العلوم والتكنولوجيا، حتى وإن كانت الغاية منه محصورة بضمان الوصول إلى المواد والعمليات التي قد يحتفظ بها مستثمرون أجانب عن طريق احتكارها لولا وجود هذا المكتب. ومع ذلك ينبغي أن يعمل الهدف الأهم لهذه المكاتب باتجاه نظام أكثر انفتاحاً للملكية الفكرية يساعد على سدّ الفجوة بين الأغنياء والفقراء، بدل توسيعها.

ما وراء النظم الوطنية

مع تعمق العولمة وتوسع نطاقها، يصبح من المنطقي على نحو متزايد للأمم أن تتشارك في إدارة خدمات أساسية مثل حماية الملكية الفكرية وأن يتم تقسيم هذه الخدمات عن طريق التحالفات وأن يتم التفاوض في شأن معايير القياس على المستوى الدولي. يمكن أن يقدم هذا النظام لتشجيع التبادل الفكري والاقتصادي أكثر مما تقدمه الهيكلية الحالية للأنظمة الوطنية المتداخلة والمتنافسة. وينبغي على البلدان أن تقوم بأكثر من مجرد التعاون لتمويل البحث العلمي وإجرائه؛ وعليها أيضاً أن تتعاون على بناء البنية التحتية التي تدعم هذا النشاط. ويمكن للحكومات في حالات مثل القياس تتحقق فيها الكفاءة عبر الالتزام بمعيار واحد أن تختار الانضمام إلى قوى أخرى لتقديم خدمات على المستوى الإقليمي. وقد يكون من

المنطقـــي في حـــالات أخـــرى، مثل جمع المعلومات، أن تتولى هيئة واحدة معالجة التنسيق على المستوى العالمي، مثل المرفق العالمي لمعلومات التنوع الحيوي (GBIF). ورغم أن وجود مخطط لتقسيم العمل على هذا النحو يعدّ أمراً جذاباً، إلا أنه يعتمد التجريب وعملية التجربة والخطأ في مطابقة القدرات مع الاحتياجات المحلية لمعرفة أيهما يحقق نتائج أفضل.

وتلخيـــصاً لما سبق نقول إن من الممكن أن تمتزج عناصر نظام الدعم العلمي مراراً وتكراراً بطرق مختلفة. ويمكن استخدام أي من الخيارات المذكورة في الجدول 6-2 في أي مجمـــوعة من المؤسسات، سواء كانت عامة أو خاصة، دولية أو محلية، تجاريـــة أو غـــير هادفة للربح، وليس هناك نموذج واحد يفيد جميع البلدان. لكن الوظائـــف والخدمات أمر أساسي، ويمكن تأمين هذه الأجزاء من النظام بعدة طرق مختلفة. فمن الممكن شراء الكثير من الوظائف أو المشاركة فيها أو استيرادها مؤقتاً، وليس من الضروري إيجادها محلياً. يمكن حل جميع هذه الأسئلة بطريقة مستقلة عن السؤال الدائر عن أي الهيئات تمول هذه النشاطات ومن سوف يستفيد منها، وهو ما نعالجه في الفصل الأخير.

القسم الثالث

الاستفادة من الشبكات لتوسيع نطاق منافع العلوم والتكنولوجيا

أود الاعتقاد أننا قريبون من أن نصبح نظاماً عصبياً مركزياً جنينياً بالنسبة للنظام عموماً. بل إنني أحب الفكرة القائلة إن مدننا، التي لا تزال هيكليات بدائية وقديمة وهشة، يمكن أن تتحول إلى بادرة الكتلة العصبية لترتبط في نهاية المطاف في شبكة عبر العالم.

لويس توماس
"في عدم يقينية العلوم" (on the Uncertainty of Science)،
مجلة هارفارد 83، رقم 1 (1980): صفحة 19-22.

الفصل السابع

إدارة الأكاديمية العالمية الخفية

من بين جميع الاتجاهات الحديثة، كان تطور القومية الاقتصادية هو الموضوع الأخطر على تطبيق العلوم لأجل رفاهية البشر.

جي. د. بيرنل،
الوظيفة الاجتماعية للعلم (The Social Function of Science)، ص 149

حددت القومية العلمية ممارسة العلوم وتوجيهها وإدارتها في القرن العشرين على نحو قيَّد التنظيم الناشئ الذي يؤدي إلى التنظيم الأكثر كفاءة وإلى وسائل خلاقة في الاتصالات العلمية. فجوانب القصور في العلوم أيام الحرب الباردة على وجه الخصوص أعاقت تطبيقها لمصلحة رفاهية الإنسان عندما أصبحت محتجزة في صراعات على النفوذ بين الأمم في القرن العشرين. و لم يبدأ هذا الوضع بالتغير إلا في بداية التسعينيات عندما اجتمع التغير السياسي الشامل في نهاية الحرب الباردة مع ثورة المعلومات.

والواقع أن فصلاً جديداً في تاريخ الكلية الخفية كان قد بدأ في عام 1990 مع إعادة دمج العلماء والمهندسين من الاتحاد السوفييتي السابق في تواصل كامل مع العلوم العالمية[1]. وكان "هانس - دايتر كلينك" في ألمانيا، وهو مدير جامعة معهد ماربورغ لعلم الفيروسات، قد خبر هذا التحول مباشرة إذ التقى أثناء المؤتمر الدولي لعلم الفيروسات في برلين عام 1990، بـ "أ. أ. تشبرنوف"، وهو واحد من كبار الباحثين في "مركز الدولة لأبحاث علم الفيروسات والتكنولوجيا الحيوية" (VECTOR) (معهد فيكتور) في روسيا، مع بعض زملائه. وكانت تلك المرة الأولى التي يحضر فيها الروس المؤتمر. يتذكر "كلينك" فيقول: "كنا مهتمين كثيراً بسماع ما كانوا يعملون عليه. عندما التقيت بالفريق الروسي من معهد فيكتور وتعلمت من عملهم، أدركنا أننا يمكننا أن نتعاون"[2].

أخـــبر "تـــشبرنوف" "كلينك" أن الباحثين الروس كانوا قد شرعوا في إجراء استقصاءات عن الفيروسات المسببة للنـــزف في الثمانينيات، وأن مختبره اضطر إلى إيقـــاف عملـــه لأنـــه يفتقـــر إلى المعدات اللازمة لمتابعة دراسة العوامل الوراثية للفيروســـات. وعندما التقى الرجلان، أدرك "تشبرنوف" أن التعاون مع "كلينك" وغـــيره في ماربورغ يمنحه فرصة لإحراز تقدم في عمله الواعد الذي كان قد تخلى عـــنه منذ عدة سنوات إذ يتميز معهد ماربورغ لعلم الفيروسات بشهرة عالمية لأنه قـــام بعزل التركيبة الجينية لحمى نـــزفية مشابهة لفيروس إيبولا وحدد خصائصها. وكانـــت الحمى التي اكتشفت في عام 1967 قد سميت باسم فيروس ماربورغ على اســـم المختـــبر الألماني. لذلك كان "تشبرنوف" مهتماً بالعمل مع "كلينك" وفريق ماربـــورغ آمـــلاً في مواصلة أبحاثه. وكان "كلينك" بدوره مهتماً بالحصول على بـــيانات "تشبرنوف" عن التجريب على الحيوانات. فبدأ العالمان معاً مشروعاً بحثياً يهـــدف إلى تحديـــد الخـــصائص العامـــة لأشكال الفيروسات التي تسبب الحمى النـــــزيفية القاتلة. وهكذا بنى الاثنان عبر هذه العملية رابطاً من روابط الأكاديمية العالمية الخفية.

وأثـــناء سنة من استكمال الأبحاث الجينية مع الفريق الروسي، تقدم "كلينك" ومجموعة من زملائه بطلب إلى "المنظمة العالمية للملكية الفكرية" من أجل تسجيل براءة اختراع لمصل صمم لمعالجة الالتهابات الناتجة عن الصدمة النـــزيفية. وبإجراء أبحاث أساسية تتصل بإحدى المشاكل الصحية، أوجدت شبكة المتعاونين معه منتجاً يمكـــن أن يساعد في معالجة مرض غريب نادر وفتاك بشكل لا شبيه له وقد أشاع الدمار في منطقة بعيدة جداً في الغابون في أفريقيا.

إن تجريبيـــي الأكاديمـــية العالمية الخفية، كما أوضح "كلينك" و"تشبرنوف" والعلمـــاء الآخـــرون الـــذين يروي هذا الكتاب قصصهم، يمثلون القاعدة وليس الاســـتثناء في العلوم اليوم. فهم ينظمون أنفسهم ذاتياً ضمن فرق ويتشاركون في المـــوارد ويتعاونون على حل المسائل العلمية. ثم ينحل الفريق عندما يحقق مشروع التعاون هدفه. وليست هذه الترتيبات بين أعضاء الفريق مرتبطة بالمكان، بل يمكن أن يكـــون الـــبحث مـــوزعاً ومرناً ومتحركاً على المستوى الجغرافي عند الحاجة. وليـــست الفرق مقيدة بتخصص محدد أو بقطاع معين، بل تعمل في مجالات بحثية

متـــنوعة بحسب الحاجة (وهي في حالة "كلينك" دراسة الجينات في مختلف الأنواع الحيوانـــية وعلـــم الفيروسات والأوبئة والطب)، وتعمل مع متعاونين من القطاع الخاص عندما تكون الفرص مثيرة جذابة له. إن عمل هذه الفرق غير خطي بل هو معقـــد، فهو يبدأ من الأبحاث الأساسية إلى تطبيقات السوق ثم يعود مرة أخرى، وجميع هذه العمليات مدفوعة بمجموعة أساسية من الأسئلة تتناول آثار فيروس على البشر وعلاجه.

يلخـــص هـــذا الفصل الدروس التي يمكن استخلاصها من أجل تعلم الإدارة بالاســـتفادة من نشوء الكلية الخفية كأسلوب سائد للتنظيم في العلوم. تختلف كل مـــن الـــتحديات والفـــرص التي تتيحها الأكاديمية العالمية الخفية اختلافاً كبيراً عن التحديات والفرص التي واجهها واضعو السياسات في حقبة القومية العلمية. وبما أن نظـــام العلوم الناشئ ليس قومياً، فلن تؤدي السياسات المبنية على النماذج الوطنية إلى النـــتائج المرغوبة. ومع ذلك، لا يزال معظم واضعي السياسات متمسكين بهذه السياسات الوطنية.

لـــيس بالأمـــر الجذاب أن ندرس أساليب ممارسة العلم التي كانت ناجحة في الماضـــي القـــريب على افتراض أنها نماذج عملية تصلح للعالم النامي في أيامنا، مثل نمـــوذج نظم الإبداع الوطني الذي حدده بعض علماء الاقتصاد بالولايات المتحدة وأوروبـــا[3]، ونموذج النمور الآسيوية[4] الذي حدده بعضهم بكوريا الجنوبية[5]. لكن القومـــية العلمية تتضاءل في أهميتها، وكذلك مفهوم "نظام الإبداع الوطني" المرتبط بهـــا، ولـــن تسهم إلا قليلاً في المساعدة على بناء القدرات العلمية في العالم النامي بالـــرغم من أنها كانت ملائمة في القرن العشرين. وينبغي بدلاً من ذلك أن تكون لـــدى واضـــعي السياسات المعاصرين استراتيجية لتسخير الشبكات العلمية ذاتية التنظـــيم على المستويات المحلي والإقليمي والعالمي خارج نموذج "النظم الوطنية". ويبقـــى هذا صحيحاً حتى لو كانت الدولة القوية لا تزال تضع السياسات الناظمة لإدارة النظام المعرفي.

إن الـــشبكات الـــتي تنتج المعرفة وتنشرها تعمل ضمن الدولة القومية وخارجها. كمـــا أن الحجم الهائل من التشبيك الدولي في العلوم في بداية القرن الحادي والعشرين يدفعنا في نقلة مرحلية من تجمع العلماء ضمن مجموعات وطنية صغيرة إلى شبكة عالمية

واحـــدة متـــرابطة مع كل بلد في العالم وتشمل العديد من المجمعات الأصغر حجماً. وهـــذه الـــنقلة تغير موضع التأثير على نحو يوجه العلم إلى المستوى العالمي. وكما يبين هـــذا الكتاب، فإن الشبكات تنشر المعرفة وتوسعها بسهولة، فهي العمود الفقري للعلم في القـــرن الحـــادي والعشرين. لكن محاولة التحكم بتدفق المعرفة بجعلها مقيدة ضمن الحدود السياسية تقيّد القوى المحركة النشطة التي تجعل العلم مفيداً جداً للبشرية.

كـــذلك فإن الشبكات التي تؤلف الأكاديمية العالمية الخفية تعمل وفق قواعد واضحة، إن لم تكن بديهية. فهي تنمو من القاعدة صاعدة إلى القمة بدل أن تكون مـــن القمة إلى القاعدة. ومع نمو الشبكات وتطورها تصير معقدة. أما تنظيمها فهو مدفـــوع بالقـــوى والهيكليات الموصوفة في هذا الكتاب، وهي الارتباط التفضيلي والسمة التراكمية والثقة وإنتاج رأس المال الاجتماعي، ونظام المحفزات الذي يدفع العلمـــاء إلى تـــشارك البيانات وتبادل المعلومات. ونرى بالنتيجة أنه لا يمكن إدارة هـــذه الشبكات؛ بل يمكن توجيهها والتأثير فيها فقط. وهي تتسم بوجود قواسم مـــشتركة مـــع النظم العضوية التي وصفها السيد "جون إفلين" في مقالته "*سيلفا*" (انظـــر الفـــصل الثالث) أكثر من القواسم المشتركة بينها وبين حسابات التفاضل والتكامل لنيوتن. ولإدارة هذه النظم، ينبغي على واضعي السياسات فهم ديناميالها ومن ثم إيجاد المحفزات التي تدفع كلاً من العلماء إلى اتخاذ القرارات التي يريدها.

وتـــبعاً لـــذلك، تكـــون القضايا الأساسية للسياسات العلمية في بداية القرن الحـــادي والعشرين هي (1) كيفية وضع سياسات تشمل المستويات المتعددة التي تعمل عندها الشبكات العلمية وتأخذها في اعتبارها (2) كيفية إيجاد الانسجام بين المحفـــزات على زيادة فرص المشاركة المحلية و(3) كيفية تحقيق هذه الغايات بطريقة تحقـــق الديمقـــراطية في عملـــية اتخاذ القرارات حول الاستثمارات العلمية وتوزع المـــوارد. وينشأ عن هذا المنظور الجديد أثران مختلفان للإدارة: الأول ظهور فرصة غـــير مسبوقة أمام الدول المتأخرة التي تسعى إلى وضع استراتيجية للعلوم للاستفادة مـــن الـــنظام الناشئ. والثاني هو ضرورة القيام بإصلاح شامل للسياسات الوطنية القائمة، وخاصة في البلدان المتقدمة علمياً. ولا بد من نموذج جديد للإدارة، نموذج يعتـــبر العلـــم ســـلعة عالمية عامة. ويمثل هذا النموذج الجديد تحدياً أمام واضعي السياسات لقلب الواقع المفروض و"التفكير محلياً والعمل عالمياً".

العلم كسلعة عالمية عامة

إن مشروع "كلينك" وفريقه العامل على أبحاث الحمى النزيفية يبين بوضوح كيفية عمل الأكاديمية العالمية الخفية، فقد انطلق أولاً من حقيقة أن أسرار الظاهرة الطبيعية أمور رائعة تثير الاهتمام وتجذب انتباه كبار العلماء. وجاءت الخطوة الثانية في توزيع النشاطات البحثية، بعد تحديدها بوضوح، على الأشخاص الأقدر على إجرائها بفاعلية، مهما يكن موقعهم الجغرافي. وتم في الخطوة الثالثة دمج البيانات والمعلومات الناتجة افتراضياً بينما كان كل جزء من الفريق يقوم بإنتاج المعرفة. وأخيراً، نشأت المعرفة الناتجة من دمج القدرات المتكاملة من جانب الأشخاص المتعاونين. بدأت العملية بتداول الأفكار فحسب في لقاء شخصي وجهاً لوجه. وكان هذا التعاون متوقفاً على المسار، مستفيداً من الأعمال السابقة في ماربورغ، وتحدد شكله بـ "جاذبية" المعدات المتخصصة في روسيا وألمانيا. كما جرى توزيع المعرفة المجمّعة بين أعضاء المشروع، وكذلك على المتعاونين في الغابون في أفريقيا حيث أمكن استخدامها لحل مشكلات حقيقية أو استباق حدوثها.

توضح حالة ماربورغ التعاون الناشئ وتبين أن إتاحة الوصول إلى الأجهزة والبيانات والأشخاص تساعد على إنتاج المعرفة. ويمثل هذان المبدآن ثمرة طبيعية للتنظيم التشبيكي المستخدم في إنتاج المعرفة العلمية والظروف التي تؤدي إلى ازدهارها. وهي تجسد المعايير الاجتماعية التي تعمل العلوم ضمنها. أما التحدي الماثل أمام واضعي السياسات فهو جعل الإدارة منسجمة مع هذه المبادئ والمعايير.

تم تمويل أبحاث علم الفيروسات التي أجراها "كلينك" وفريقه بأموال عامة من خزينة الحكومة، مثل العديد من أنواع العلوم الأخرى. وأصبح هذا هو الأسلوب السائد لتمويل العلوم الأساسية في القرن العشرين[6]. وكانت الحجة الأساسية الكامنة وراء التمويل العام للعلوم هي أن المعرفة العلمية سلعة عامة[7]. فالمعرفة بلغة علماء الاقتصاد "غير تنافسية" وهي "للجميع"، وهذا المعنى مرادف لفكرة أن استهلاك الفرد الواحد من السلعة لا يقلل من الكمية المتاحة للآخرين، وعندما تكون السلعة متاحة لفرد واحد، فهي متاحة أساساً للجميع. ولا يمكن استبعاد الآخرين في المجموعة نفسها من استهلاك السلعة أو تقاسم منافعها. ولهذا السبب، ربما يكون استثمار وكلاء القطاع الخاص في السلع العامة أقل مما يجب، وهذا

يـــؤدي إلى الحجـــة القائلة بأن الحكومة يجب أن تقدمها. لا تلاحظ هذه الحالة في الأبحاث العلمية الأساسية فقط، بل أيضاً في سلع مثل التعليم وإنفاذ القانون والبيئة النظيفة[8].

ومـــع ذلك، فإن العلوم لا تعود بالضرورة بالنفع على المكان الذي أنتجت فيه، وليـــست تـــؤدي بالضرورة إلى مساعدة الناس الذين يدفعون في مقابلها، بخلاف سلع عامـــة أخرى تتميز بوجود مكون الاستخدام المحلي القوي، مثل إنفاذ القانون أو البنية التحتية للنقل. بل يمكن إيجاد المعرفة العلمية في مكان واحد ويمكن إيصال مكاسبها إلى أشـــخاص في مكان آخر أو في المستقبل[9]. لقد كان تفشي فيروسي إيبولا وماربورغ، علـــى ســـبيل المثال، قد ظهر في أفريقيا في السودان وزائير والغابون ودولتي الكونغو: جمهـــورية الكونغو وجمهورية الكونغو الديمقراطية، ويمكن - على الأرجح - استخدام الأبحـــاث الـــتي أجـــريت علـــى هذه الفيروسات في ماربورغ في ألمانيا لتطبيقها على أشـــخاص يبعدون آلاف الأميال ومساعدتهم بها. وربما كان من المستبعد جداً أن تعود نتائج هذه الأبحاث بمنفعة مباشرة على دافعي الضرائب الأوروبيين. وبالرغم من ذلك، مضى "كلينك" و"تشبرنوف" في بحثهما لأنه يهتم بمشكلة علمية مهمة.

يمكن إجراء الأبحاث العلمية على المستوى المحلي أو الإقليمي أو العالمي اعتماداً على حجم العمل المرافق للبحث ونطاقه. ويمكن إيصال منافعه إلى أشخاص كثيرين غـــير أولـــئك الموجودين ضمن نظام سياسي واحد (وهذا هو السبب أيضاً في أن العلوم والتكنولوجيا تمثل استثمارات قوية بالنسبة لأهل الخير). ويمكن أيضاً إجراء الأبحاث لتحقيق المنفعة الخاصة، كما هي الحال عندما يكتشف أحد الباحثين عقاراً جديـــداً وتقوم إحدى الشركات بتسويقه. وهكذا نرى أن الرابط بين دعم البحث وجني فوائده يمكن أن يكون واهياً تماماً. ومع ذلك، تواصل الحكومات الديمقراطية تمـــويلها للعلوم بسبب ما يبدو من ارتفاع معدل العائد الاجتماعي، أي المنافع التي تحققها للمجتمع التي تفوق تكاليفها[10].

إنتاج المعرفة واستيعابها

إذا كـــان العلـــم ســـلعة عالمـــية عامة، وإذا كان العلماء ينظمون بأنفسهم الـــشبكات العلمـــية الأكثر فاعلية، وإذا نشرت المعرفة عبر الشبكات، فهذا يعني

ضــرورة أن تسعى السياسات العلمية إلى دعم هذه الشبكات وتشجيعها. وبمتابعة هــذا المسار المنطقي، يصبح من الواضح أنه لا يمكن لأي أمة أن تحوي نظاماً علمياً كــاملاً لأن جميع أجزاء العلم تتفاعل في ما بينها ويدعم بعضها بعضاً. ومن أجل إنــتاج المعرفة يوجب على العلماء إيجاد طرق لمعرفة بعضهم بعضاً والاتصال في ما بينهم. وبالنتيجة، يجب أن يكون هدف السياسات هو إيجاد نظام يحقق أعلى درجة ممكنة من الانفتاح والمرونة.

فــضلاً عن ذلك، إذا كان من الممكن إيجاد المعلومات في عدة أماكن ودمجها ضمن المعرفة حيثما وجدت الخبرة، عندها ينشأ تعلم عملية دمج المعرفة واستيعابها علــى المــستوى المحلي كجزء حاسم من عملية يمكن عبرها استخدام العلوم لحل المــشكلات، ولا يــوجد مكــان واحد يضم منفرداً جميع المؤسسات والخدمات والقــدرات اللازمة لإدارة هذه العملية. لذلك فإن تقاسم الموارد يعدّ شرطاً حاسماً لــنجاح النظام العلمي. ويشير هذا الاستنتاج أيضاً إلى النظام المفتوح الذي يساعد على الأسلوب الأكثر كفاءة في تقاسم الموارد.

ونظراً إلى جميع ما ذكرناه من عناصر الارتباط ضمن الشبكة، ينبغي أن تكون الــسياسات في القرن الحادي والعشرين مدفوعة برؤية لنظام معرفي تطوري مفتوح ومتــرابط. وهناك مبدآن اثنان، وهما التمويل المفتوح والوصول المفتوح إلى الموارد والنــتائج العلمية، وهما يتمتعان بالفرصة الكبرى لإيجاد هذا النظام المعرفي. ويمكن تحقيق هذين المبدأين عبر صياغة محفزات تشجع الارتباط التفضيلي وتستفيد منه في إيجــاد النظام الأكثر كفاءة بين الباحثين؛ والتركيز على جلب المعرفة من أي مكان في العالم من أجل حل المشكلات المحلية؛ والحفاظ على العلوم الممتازة عبر تطبيقها على المشكلات المحلية الأكثر إلحاحاً، وبذلك نضمن التعلم المحلي والتغذية الراجعة والمكافآت.

إذا كانــت أفــضل المعارف المتاحة ضرورية لحل مشكلة أو لمساعدة إحدى الحكــومات في تأدية مهمة ما، يصبح من المنطقي تمويل أبحاث الفريق الذي يعمل على العلوم الأعلى جودة ويتمتع بأكبر فرصة لتطبيقها محلياً، مهما تكن الانتماءات الوطنية لأعضاء الفريق. وينبغي على أي مجموعة تقدم التمويل للأبحاث العلمية أن توسع نطاق ما تقدمه من تمويل ليشمل الفريق الأكثر جدارة، ويمكن توفير محفزات

للتأكد من أن الأبحاث تعالج المشكلات المحلية أو الوطنية. وهذا يضمن الفاعلية في إنفاق التمويل المخصص للعلوم، بدل توجيهه إلى مجالات إنفاق أقل كفاءة لأغراض سياسية.

ويمكن للحكومات، بوصفها جزءاً من نظام مفتوح، أن تمول العلوم عبر مجالس تضم مواطنين من غير السياسيين، وهو ما يمكن تنسيقه مع الأكاديميات والهيئات العلمية القائمة نحو تصميم رؤى لدور العلوم على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي. ويمكن أن يكون التمويل كلّه مفتوحاً، بمعنى أنه يمكن لأي مجموعة أو مؤسسة أن تنافس للحصول على التمويل. كذلك يمكن توفير قاعدة بيانات للاستعلامات تساعد الباحثين على إيجاد الأشخاص المناسبين للتعاون معهم.

ومن الممكن أيضاً أن يؤدي ازدياد مشاركة المواطنين إلى تعزيز الصلة بين العلوم والاحتياجات العامة عبر استهداف الأموال المخصصة للأبحاث بفاعلية أكبر في المسائل والمشكلات والفرص التي تكوّن الهاجس الأكبر على المستوى المحلي. وهناك نماذج من مشاركة المواطنين في صنع القرارات العلمية يمكن أن تطبق في أماكن أخرى، بما فيها "فورسايت" (البصيرة) و"فوتورا" (المستقبل) في أوروبا. فضلاً عن ذلك، فقد استطاع عدد من الدول النامية إيجاد عملياته الخاصة به لجمع المدخلات والمعطيات المحلية، وأوغندة مثال رائد على ذلك. وكما توضح "جودي واكهونغو"، فقد عمل المسؤولون العاملون تحت رعاية "مجلس أوغندة الوطني للعلوم والتكنولوجيا" (UNCST) على إشراك موظفي تنمية المجتمع في عملية السياسات العلمية، إضافة إلى ممثلين عن المؤسسات البحثية الوطنية. والغاية من ذلك هو التأكد من معالجة مصالح جميع الجهات المعنية:

> لم يكن عملهم في مجال التكنولوجيا الحيوية فقط، بل أيضاً في قطاعات أخرى متنوعة، مثل المياه ومزارع الأسماك وحماية الحياة البرية وفي تصميم مزارع الأسماك أيضاً. وقد مضت أوغندة إلى أبعد من ذلك للتأكد من الترجمة الفعلية لقدر كبير من المعلومات إلى اللغات المحلية، وذلك من حيث المعالجة والفهم ونقل الرسالة بطريقة متوازنة عن التكنولوجيا الحيوية إلى المواطنين حتى يتمكنوا من المشاركة بفاعلية في كثير منها. وأوغندة هي الدولة الأفريقية الوحيدة التي وصلت إلى هذه المرحلة[11].

يتلاءم النموذج المفتوح مع الهيكلية الطبيعية للعلوم، وهو يقدم أعظم الوعود بنشر منافع العلوم على نطاق واسع وبأسلوب منصف. لكن هذا النموذج غير مستخدم في الوقت الحاضر، ولعل من الحماقة القول إن الانتقال من النظام الوطني الحالي إلى نظام غير وطني مفتوح سيكون أمراً سهلاً. فالتوتر سيظل قائماً بين احتياجات العملية السياسية ونمو الشبكة المعرفية. وطالما أن الخزينة العامة تستخدم لتمويل العلوم، فلن تؤثر الاحتياجات العامة على الأجندة العلمية، ناهيك عن تحديدها، وهذه هي الحال تقريباً في كثير من الحالات. أما التحدي الماثل أمام واضعي السياسات فهو إقامة التوازن بين السماح بازدهار الخصائص الناشئة للعلم وإيجاد طرق لاستخدام النظام بما يحقق الغايات الوطنية.

أساليب جديدة في الإدارة

باستخدام مبادئ التمويل المفتوح والوصول المفتوح كنواظم للتوجه، يمكننا تصور إطار جديد لحكم العلوم في القرن الحادي والعشرين. إن هذا النهج الجديد يفصل العلوم عن الهيئة الوطنية ويربطها ربطاً وثيقاً بالتعاون والجدارة والانفتاح؛ إنه يجعل الأبحاث تعتمد على احتياجات العلم بدلاً من مصالح الممولين. فبينما كان النظام القديم قائماً على أساس وطني، فإن النظام الناشئ ينظر من المستوى المحلي إلى المستوى العالمي. وبينما كان النظام القديم يركز على الانتماء المؤسسي والبنية المؤسسية، يأتي النظام الناشئ ليركز على الوظائف اللازمة لتسهيل إنتاج المعرفة واستيعابها. وفي حين كان النظام القديم يدور حول الاستثمارات الاستراتيجية للميزة التنافسية، فإن النظام الناشئ يركز على التعاون من أجل دمج المعرفة. وبينما كان النظام القديم يركز على إنتاج المعرفة، فإن النظام الناشئ يركز على استيعابها واستخدامها. وفي حين كان قياس النظام القديم هو المدخلات، فإن قياس النظام الناشئ هو الرفاهية الاجتماعية. وبينما كان النظام القديم يحمي المصالح الوطنية، فإن النظام الناشئ مفتوح حر التدفق بين البلدان.

تتطلب هذه التحولات من واضعي السياسات اعتماد استراتيجية من جزأين. فهم بحاجة إلى استراتيجية للاستثمار أو "إقامة المشروعات" واستراتيجية للاتصال أو "إقامة الروابط". وقد تختلف معالم هذه الاستراتيجيات ونطاقها اختلافاً كبيراً

بين البلدان حسب قدراتها العلمية وبنيتها التحتية العلمية. يقدم الجدول 7-1 بعض العناصر المحتملة لهذه الاستراتيجيات والوظائف التي يمكن أن تؤديها.

ومهما يكن مستوى القدرات العلمية التي تبدأ منها المنطقة، فلا بد أن تكون استراتيجية إقامة المشروعات مستندة إلى الحجم (الكلفة الأولية لترسيخ القدرات المحلية) والنطاق (الاستثمار على المدى الطويل اللازم لتحقيق الاستدامة) اللازمين للسماح بتطوير المعرفة واستيعابها محلياً. قد يكون الاستثمار في قدرات الأبحاث والتطوير ضرورياً لاستيعاب المعرفة محلياً، وقد لا يكون. ويمكن في بعض الحالات الاستعاضة عن القدرات المحلية باستراتيجية لإقامة الروابط. كذلك فقد تتطلب عملية صنع القرار بشأن إقامة المشروعات وجود روابط عبر القطاعات، مثل الروابط بين المجموعات البحثية الخاصة والعامة. يمكن تحديد هذه العوامل بعدد من الطرق، بما فيها تقييم حجم استثمارات مماثلة ونطاقها في أماكن أخرى. وينبغي أن توضع استراتيجية الاستثمار دون النظر إلى الحدود الجغرافية ويجب أن تنظر في الاستثمار المحتمل الذي يمكن استخلاصه من الروابط المحلية والإقليمية والعالمية. ويجب أن تنظر الاستراتيجية القابلة للتطبيق في استثمارات البناء [الطوب والملاط] والاحتياجات التعليمية إلى جانب الاستثمار في قطاع الاتصالات.

لا بد من فهم استراتيجية إقامة الروابط على أنها بناء شبكة، مهما يكن الحجم المطلوب لها، تؤمّن الوصول إلى الأبحاث والمعارف العلمية ونشرها. إن استخدام نموذج الشبكة يسمح لواضعي السياسات بتجاهل الحدود السياسية التي حددت النظم الوطنية. كما أن الاعتماد على هذا النموذج يمكّن المخططين من إنشاء فرق تتولى إيجاد المعرفة ومن كسب إمكانية الحصول على المعلومات التي قد لا تكون متاحة محلياً. ويمكن أن تتوافر معظم المعارف اللازمة لإيجاد حلول محلية أو إقليمية عبر روابط تكنولوجيا الاتصالات أو عبر مشروعات التعاون التي لا تتطلب استثمارات كبيرة في إنشاء المباني. كذلك فإن التفكير في العلوم أو الهندسة كشبكة تتسم بميزة السماح بتوسيع النقاش في أجندة العمل. فمثلاً، يمكن أن تشمل استراتيجية الاتصالات في بعض الحالات "التزود من مصادر خارجية" بأجزاء من وظائف البنية التحتية العلمية (مثل توحيد المقاييس) أو من مزود معروف.

الجدول 7-1. الخطوات السياسية في استراتيجيات إنشاء الروابط وإقامة المشروعات

الوظيفة	استراتيجية إنشاء الروابط	استراتيجية إقامة المشروعات
تقييم القدرات والفرص والمشكلات المحلية والوطنية والإقليمية في طيف يبدأ بالمشكلات المحلية الحادة وصولاً إلى المشكلات العالمية المزمنة (انظر الجدول 7-2	إنشاء وظيفة ربط في جامعة تتمتع بالإمكانيات الأكبر لاستيعاب المعرفة ونشرها من أجل مجالات العلوم التي تعاني تأخراً في القدرات إذا كانت ثمة مصلحة في رصد المعارف أو الاستفادة منها في هذه المجالات.	تقييم نموذج الاستثمار الجغرافي في أماكن أخرى من أجل مجالات العلوم التي تستدعي وجود قدرات محلية أو وطنية أو إقليمية. تقييم البنية التحتية اللازمة على المدى الطويل وحساب تكاليفها.
دراسة أساس المعرفة العلمية بحثاً عن معلومات مفيدة وأفراد مفيدين وتقييم سياق المعرفة المتاحة وتحديد تفاصيل "المجاهيل" المرتبطة بالمعرفة بقدر اتصالها بمشكلات وفرص محددة.	جمع ووضع التقارير عن المراكز المعرفية والقدرات في العالم. دراسة المجال بحثاً عن فرص للتعاون مع مختلف المراكز. وتحديد الاتجاهات المثمرة بين اتجاهات الأبحاث التي يمكن أن تكون جزءاً من استراتيجية للاستثمار.	وضع استراتيجية تعاون لإنشاء روابط مع مراكز أخرى تجري أبحاثاً مشابهة أو مكملة، وذلك من أجل المشكلات المجهولة أو الخاصة أو تحديات معينة وعند الحاجة إلى وجود قدرات محلية.
تحديد حجم ونطاق الاستثمار المطلوب لجعل المعرفة الموجودة متاحة محلياً وقابلة للتطبيق بطريقة مستدامة.	استخلاص الدروس عن الحجم والنطاق من التفاعل مع مراكز بحثية أخرى. إنشاء اتصالات متواصلة أو المشاركة في اتحاد لمساعدة القدرات المحلية عند الضرورة. النظر في خيار التدريب عن بعد.	وضع استراتيجية للاستثمار تأخذ في حسابها التدريب على البنية التحتية والرواتب المخصصة لها، وذلك من أجل المجالات التي تبين أنها حاسمة في معالجة التحديات المحلية أو الإقليمية المزمنة.
تحديد حجم ونطاق الاستثمار اللازم لسد الفجوة بين الاحتياجات المجهولة والاحتياجات المحلية والإقليمية.	استخدام خدمات الإنترنت لإعلام المشاركين بالفرص الجديدة؛ ويجب حضور الندوات والمؤتمرات، وذلك في المجالات التي تستخدم فيها فقط استراتيجية لإنشاء الروابط.	التركيز على أبحاث متقدمة يمكن أن تستفيد من التعليم وردود الفعل المحلية والإقليمية من أجل المجالات التي سيتم إقامة استثمارات فيها. ثم الاستفادة من ذلك في وضع استراتيجية إنشاء الروابط.
تحديد الشركات ومشروعات التعاون المحتملة لإقامة الاستثمار المطلوب أو تقييم المعرفة المفيدة بخلاف ذلك.	وضع مجموعة من مشروعات التعاون من تبادل المعلومات بصورة دورية إلى المشروعات البحثية وصولاً إلى ورشات العمل أو المؤتمرات من أجل المجالات التي ينبغي فيها تنفيذ استراتيجية إنشاء الروابط.	تنفيذ خطط محددة لتمكين الأبحاث التعاونية التي تؤدي إلى تعزيز الكفاءة والتكاملية وتقاسم الموارد وتدريب الطلاب، وذلك عند اتخاذ القرار بإقامة استثمارات.

وضع خطة مالية لبناء القدرات لإقامة الاستثمارات محلياً وربطها بالقدرات الإقليمية والدولية التي يمكن أن تساعد فيها.	تأمين القدرات المتوافرة على أرض الواقع التي يمكنها استيعاب المعرفة ووضع أساس لتعزيزها عند الضرورة. يمكن أن تختلف القدرات المحلية والإقليمية في حجمها، لكنها تبقى بحاجة إلى الأشخاص المتدربين وأدوات الاتصالات واسعة النطاق.	إقامة الاستثمارات المحلية أو الإقليمية بحيث يكون حجمها ملائماً للإحاطة باحتياجات الأبحاث المتقدمة، والحفاظ على هذه الاستثمارات مع مرور الزمن. وغالباً ما تكون الروابط مع الشركات المحلية أو المراكز الأكاديمية الأخرى أمراً حاسماً.

ينبغي أن تؤدي كل من استراتيجيتي إقامة المشروعات وإنشاء الروابط عدداً من الوظائف المهمة التي تتطلب المراجعة وإعادة التقييم بصورة دورية، كما يبين الجدول 7-1. والخطوة الأولى في تحديد الاستثمار وتخصيص الأموال للعلوم هي *تقييم القدرات* محلياً وتحديد الفرص والمشكلات في طيف يبدأ بالمشكلات المحلية الحادة (التي تتطلب اتخاذ إجراء فوري) ومن ثم الانتقال إلى المشكلات العالمية الحادة ثم إلى المشكلات المحلية المزمنة (التي تتطلب بناء القدرات على المدى البعيد) تليها المشكلات العالمية المزمنة. يمكن أن تبدأ هذه الخطوة بحصر القدرات ضمن لائحة أو تقييمها بناء على المساحات المخصصة للمختبرات والمؤلفات والأشخاص المدربين وما إلى ذلك، على النحو المبين في الفصل السادس. وينبغي إتباع هذه العملية بحصر لائحة بالمشكلات التي يمكن تطبيق العلوم أو الهندسة عليها. من الواضح أن المشكلات أو التحديات ليست قابلة للحل جميعها باستخدام حلول تقنية. لكن يمكن تطبيق الموارد العلمية أو المهارات الهندسية في كثير من الحالات المتصلة بالبيئة والزراعة والصحة والصناعات الأساسية.

يجب تصنيف التحديات في لائحة ضمن فئات اعتماداً على ما إذا كانت حادة أو مزمنة أو محلية أو عالمية (انظر الجدول 7-2). ويجب أن يبدأ إيجاد الحلول أو العلاجات من أجل التحديات أو المشكلات الحادة في *أي* فريق علمي أو هندسي موجود في أي مكان في العالم يمكن أن يقدم المساعدة على الفور، إذ لا يمكن لأحد أن يتوقع من بلد متأخر علمياً أن يعالج تفشي الحمى النزيفية بنفسه. فالمشكلات الحادة تقع أصلاً ضمن اختصاص منظمات غير حكومية مثل منظمة الصحة العالمية. وربما وجب إعطاؤها طابعاً رسمياً في هيئة للعلوم العالمية يمكن توظيفها

الجدول 7-2. طوبولوجية التحديات

حجم الأثر	نوع التحدي	
	حاد	*مزمن*
محلي	حالة واحدة لتلوث المياه	تردي ظروف التربة
عالمي	وباء فيروسي	توافر الطاقة

لمساعدة الدول الأكثر فقراً بحسب الحاجة. يجب أن تبقى المشكلات ضمن البلاد في كثير من الدول الفقيرة لكن فقط إذا كانت في مرحلة بناء قدرات علمية أو هندسية أكثر قوة.

ويجب أن تكون المشكلات أو التحديات المزمنة موضوعَ مزيدٍ من التحليل والتخطيط الاستراتيجي. كما ينبغي أن تكون المشكلات المحلية أو الإقليمية من بين الأهداف الأولى للتقييم، بحيث تشمل الأجندة أسئلة مثل كيفية تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية من توفير المياه النظيفة وتحسين صحة الأمهات وعلاج التلوث المحلي وتحسين ظروف التربة وزيادة إنتاجية الزراعة المائية[12]. ويجب أن تكون جزءاً من خطة أولية عندما يجري التعامل معها ببرامج أخرى غير البرامج القائمة. ويمكن تحديد علوم وتكنولوجيات أساسية وقياسها وتطبيقها على مستويات مختلفة من أجل كل من هذه المجالات.

يجب أن تكون الخطوة الثانية في عملية تخطيط العلوم هي *دراسة قاعدة المعرفة العلمية الموجودة بحثاً* عن معلومات مفيدة أو مراكز مفيدة أو أشخاص مفيدين. ويجب استخدام هذه المعلومات لوضع خريطة افتراضية للعلوم من أجل المجالات المهمة. وعلى واضعي السياسات تقييم سياق المعرفة المتوافرة لمعرفة ما يمكن استعارته وما يجب بناؤه محلياً. وبتعبير آخر، عليهم أن يحددوا مدى استفادة الأبحاث من البيانات المتاحة (مثل قواعد البيانات الضخمة المتاحة عبر الإنترنت) أو استخدام المعدات المتخصصة التي يمكن الوصول إليها على نحو افتراضي. ومن الواضح أن موقع هذه المعدات مهم من أجل رسم خريطة بصرية للمجال، والذي يجب أن يكون جزءاً لا يتجزأ من العملية. وينبغي إعداد لائحة بكبار الباحثين والمراكز المتميزة لتحديد الأشخاص والأماكن والمعدات الأكثر جاذبية من أجل إنشاء الروابط ضمن كل مجال. والهدف من ذلك هو زيادة الاستفادة من المعدات

أو القدرات الموجودة في مكان آخر وإيجاد موارد يمكن للعلماء المحليين استخدامها عند الحاجة إليها. ويجب أن تشمل العملية أيضاً استكمال لائحة مفصلة بالأمور المجهولة المرتبطة بمشكلات وفرص محددة أو بالأسئلة الأهم التي ينبغي على الباحثين معالجتها.

بعد ذلك، ينبغي على واضعي السياسات العلمية *تحديد حجم ومجال الاستثمار* المطلوب لجعل المعرفة الموجودة متاحة وقابلة للتطبيق محلياً بطريقة مستدامة. وينبغي أيضاً وضع استراتيجية محددة الأهداف لمواجهة التحديات التي تحقق المعايير الأربعة التالية: (1) أن تكون قابلة للبحث العلمي، و(2) أن تكون مزمنة أو متكررة، و(3) أن تكون حاسمة بين المشكلات أو القضايا أو التحديات التي تبين أنها قابلة للتطبيق محلياً أو إقليمياً و(4) أن تكون قادرة على دعم أبحاث متدرجة في حجمها على المستوى المحلي. وسوف تشمل هذه الاستراتيجية بعض البنى التحتية والاستثمارات المؤسسية على أرض الواقع إضافة إلى خطة لإنشاء روابط بالبحوث القائمة في مشروعات التعاون. وفي كثير من الحالات لن يكون حجم البحث ونطاقه ملائمين للاستثمار من قبل دولة واحدة. وربما كان من الضروري إقامة تحالف إقليمي أو دولي لتحقيق الحجم الكافي في هذه الأبحاث.

وكجزء من هذه الاستراتيجية المستهدفة، من المهم تحديد حجم ونطاق الاستثمار اللازم لسد الفجوة بين الاحتياجات الإقليمية والوطنية والحاجات غير المحددة، أو بتعبير آخر إجراء أبحاث استكشافية رائدة وذات صلة محلياً. ويلاحظ في كثير من الحالات أن الأبحاث الاستكشافية التي تكون قابلة للتطبيق وذات صلة بالمشكلات والتحديات المحلية لن تكون متاحة من باحثين في مكان آخر في العالم. وربما كانت الإجابات الشافية لأمراض الأحياء المائية أو الآفات النباتية الإقليمية، على سبيل المثال، متمركزة للغاية. وعندما تصبح خطة الأبحاث ذات الأولوية قادرة على جعل هذه المشكلات جذابة علمياً للباحثين من خارج البلاد، يصير من المحتمل أن تجذب تعاوناً وتمويلاً عالميين إلى المشكلات المحلية أو زيادة إنتاجية الأبحاث أو جلب موارد تشبيكية إضافية لدعمها.

ينبغي معالجة هذه التقييمات والتوصيفات للموارد العالمية والقدرات والتحديات القائمة عبر استراتيجية على المدى البعيد *تضع خطة مالية وتبني*

القـــدرات بغية إقامة الاستثمارات محلياً والربط بالقدرات الإقليمية والعالمية حيث يمكـــن أن تكـــون مفيدة. ويمكن أن تشمل هذه الخطط استراتيجيات على المدى البعيد لبناء القدرات عبر تدريب العلماء وإقامة استثمارات رأسمالية وإنشاء روابط مع المانحين وغيرهم ممن يمولون مشروعات ذات صلة ووضع استراتيجية تعاون ذات أهداف محددة.

سياسات من أجل البلدان النامية علمياً

إن هذه الرؤية للعلوم التي تتجاوز الدولة القومية هي رؤية تتمع فيها السلطات المحلية والوطنية والإقليمية بقدرة على ممارسة العلوم اللازمة لحل مشكلات حقيقية. لكن ليس من الضروري أن تكون هذه القدرات متاحة محلياً حتى تكون فاعلة. فلن يكون أي بلد في المستقبل قادراً على إقامة الاستثمار الكامل (full-scale investment) في العلـــوم مـــن النوع الذي عمدت إليه الولايات المتحدة وبلدان أوروبا الغربية والاتحاد السوفييتي السابق أثناء حقبة القومية العلمية. ومع استمرار حدود العلم في التوســـع، فـــسوف تنتقل جميع العلوم نحو عملية تقاسم الموارد والنتائج. وستقوم البلدان الأفقر أثناء حل مشكلاتها ببناء قدرات سوف تكون بدورها متاحة للبلدان المتقدمة علمياً.

ولحـــسن حـــظ حكومات الدول النامية، لم يعد هناك خلاف في المجتمعات المانحة ومجتمعات التنمية حول ما إذا كان الاستثمار في العلوم والتكنولوجيا جديراً بالاهتمام، إذ أصبح هذا الأمر من الحقائق المقبولة. ويلاحظ أن التقارير الأخيرة من جانـــب الهيـــئات المانحة وحكومات البلدان المتقدمة والمنظمات غير الحكومية قد سلطت الضوء على أهمية العلوم والتكنولوجيا في ما يتعلق بالتنمية. لقد أنشأ البنك الـــدولي مكتباً للعلوم والتكنولوجيا لأغراض التنمية في بداية الألفية الثالثة وجعلت الأمم المتحدة العلم إحدى أولويات التنمية.

ورغـــم أن المـــشاركة في الاقتصاد العالمي تعتمد إلى حد ما على الاستثمار الوطني في العلوم، لكن هيكلية هذا الاستثمار يجب أن تظهر هيكلية العلوم. وليس مـــن الضروري أن تكون القدرات والبنية التحتية في البلدان النامية علمياً تقليداً لما يـــوجد في الـــبلدان المتقدمة علمياً، ولا ينبغي أن تكون. بل يمكن إنشاء القدرات

والبنية التحتية في فرق تعاونية متعددة الجنسيات. ويمكن الوصول إلى البنية التحتية عبر روابط افتراضية بمختبرات أكبر في بلدان أخرى. ويمكن للمؤسسات القائمة الاستعانة بمصادر خارجية في العمليات القياسية؛ ويمكن مثلاً أن تصبح إحدى المؤسسات العلمية الدولية الكبرى وسيطاً لخدمات قياسية. كما يمكن الاستفادة من الباحثين المغتربين الذين يعملون في الخارج لمساعدة بلدانهم الأصلية.

والواقع أن البلدان النامية تتمتع بميزة على البلدان المتطورة، فهي لم تبنِ نظاماً وطنياً للعلوم في القرن العشرين. ربما بدا ذلك أمراً بدهياً، فمعظم البلدان النامية، بالرغم من ذلك، تريد أن تتمتع بقدرات علمية على درجة عالية من التطور. لكن لأن هذه البلدان لا تملك البيروقراطيات والمؤسسات التي تضمّنها القرن العشرين وكانت السمة المميزة لحقبة القومية العلمية، فهي تتمتع بمرونة أكبر لمتابعة التطورات الجديدة في العلوم. وربما كان غياب القيود المدفوعة وطنياً والمرتبطة بالاستثمارات الضخمة سمة يمكن للبلدان النامية استغلالها عبر بناء نظام تشبيكي أكثر فطنة.

تتمثل القضايا التي تواجه البلدان النامية علمياً في النقطتين التاليتين: 1) تحديد مستوى الاستثمار و2) كيفية اختيار الأولويات في استثمارات العلوم والتكنولوجيا. تعتمد الحلول على الاحتياجات الوطنية وعلى طبيعة كل مجال، وينبغي أن تخضع مجالات الأبحاث العلمية التي تتسم بقدر أكبر من "قوة الارتباط" (stickiness) إلى مسح عالمي يحدد الموارد الثابتة [غير القابلة للنقل] التي يمكن ربط العلماء المحليين بها. لكن ربما كانت المحفزات ضمن البلدان المتقدمة علمياً على فتح المرافق البحثية أمام الآخرين ضعيفة بسبب بقايا القومية العلمية. ويمكن للمنظمات غير الحكومية أن تساعد في هذا المجال من أجل التفاوض على زيادة الانفتاح أمام الباحثين من البلدان المتأخرة علمياً.

أما بشأن المجالات "الأخف" التي لا يكون فيها الموقع أمراً حاسماً في تقدم الأبحاث، فيجب أن تأخذ الاستراتيجية في حسبانها إمكانية تأثر قرارات الاستثمار بعوامل محلية وإقليمية وعالمية. ففي مجال الرياضيات، على سبيل المثال، تحتاج القدرات المحلية إلى استيعاب المعرفة العالمية و"ترسيخها"، لكن لا ضرورة لأن يكون حجم ونطاق الاستثمار في تلك القدرات كبيرين. والواقع أن الفيتناميين أوجدوا

مـــثل هذه القدرات في الرياضيات باستثمار أولي ضئيل جداً، وتم ذلك جزئياً عبر الربط بين الموارد الموجودة والأشخاص الموجودين.

ثم يمكـــن اتخاذ القرارات بشأن استثمارات البنية التحتية إما ضمن الحدود الوطنية أو علـــى المستوى المحلي أو الإقليمي، ويتحدد الخيار المناسب بحجم البحوث ونطاقها. فـــلا يحـــتاج الباحـــثون في فيـــزياء الطاقة المرتفعة إلا بضعة أجهزة تسريع إشعاعي (synchrotrons) مبثوثة في العالم. في حين يحتاج الباحثون في مجال الزراعة إلى مختبرات متوافـــرة محلياً يمكن أن تتكيف مع الظروف المحلية. وتتطلب هذه الأنواع من خيارات البنية التحتية اتخاذ القرارات على أساس الاحتياجات والقدرات المحلية في كل مجال.

لـــيس إنشاء وزارة عالمية للعلوم بحل لهذه التحديات. بل إن وزارات العلوم الوطنية صارت موضع شك أيضاً؛ كما أن المؤسسات الواسعة التي تسعى إلى إدارة تمويل العلوم قد تكون عبئاً كبيراً على كاهل الشبكة. فالشبكات ليست في حاجة إلى خطة رئيسة، والواقع أن هذه الخطط تضيق عليها الخناق. بل من شأن المحفزات والموارد وإفساح المجال للتمويل المفتوح وتبادل الأفكار وحلقات التغذية الراجعة أن تحافظ على المنافع من أجل إنشاء شبكات قوية ومن ثم توزيع القدرات العلمية على نطـــاق أوســـع وبأسلوب أكثر إنصافاً. ويجب أن تكون هذه المبادئ أساساً لأي استراتيجية استثمارية.

مـــا زالت الأمم تهتم بالسيادة، وسيبقى الاهتمام بفوائد الاستثمار سمة مهمة مـــن سمات السياسات الوطنية. وسنجد في بعض الحالات أمماً ذات سوابق تاريخية تجعـــل من صياغة مشروعات تعاون إقليمية بين أماكن قريبة جغرافياً أمراً عسيراً. بينما نرى في حالات أخرى أن ضعف الحكم السياسي أو الفساد سوف يقف في طـــريق تكـــوين سياسات علمية للقرن الحادي والعشرين. ومع ذلك، فقد يسبب الـــنظام الوطني كبير الحجم في حالات أخرى تعقيدات كبيرة للجهود المبذولة من أجـــل وضع سياسات عالمية مرنة ومفتوحة؛ ومما يدعو للسخرية أن هذه الحال قد تكـــون صحيحة على الأغلب في الولايات المتحدة. وربما توجب على المؤسسات المـــستنيرة، مـــثل المؤســـسات الخيرية، أن تتولى زمام المبادرة للتشجيع على زيادة الانفـــتاح في العلوم والتكنولوجيا وللعمل مع البلدان المتأخرة من أجل إحراز تقدم في تطبيق المعرفة على المستوى المحلي.

سياسات من أجل الأمم المتقدمة علمياً

تواجه الأمم المتقدمة علمياً ثلاثة تحديات في الانتقال إلى عالم الأكاديمية العالمية الخفية. التحدي الأول بينها والأكثر صعوبة هو الانتقال من منظور يعد التعاون الدولي "شأناً خارجياً" أو "علاقات دولية" إلى آخر ينظر إلى قاعدة أو مبدأ. والتحدي الثاني هو إعادة تحديد دور هذه الأمم بحيث لا تنظر إلى أنفسها على أنها تمنح المعرفة، بل على أنها تشارك في نظام معقد لإيجاد معرفة تستوعب فيها الموارد وتسهم فيها معاً، ثم لتشارك في هذه المعرفة. أما التحدي الثالث فهو العمل مع كثير من المجموعات المختلفة بهدف تطوير المفاهيم والأدوات اللازمة للتغلب على العراقيل السياسية التي تعيق التعاون والتنظيم الذاتي في العلوم.

ونظراً إلى استثمارها الكامن في القومية العلمية، يمكننا أن نتوقع من البلدان المتقدمة أن تكون أقل فطنة من الأقاليم النامية صناعياً في التفاوض في شأن هذا التحول. فمن الصعب على هذه البلدان تغيير مزيج الاستثمارات - وقد شُبِّه بتغيير حاملة طائرات إلى استخدامات أخرى - بسبب الجمود الكامن في المؤسسات والوزارات القائمة. وبرغم ذلك، فإن البلدان المتقدمة ذات مصلحة حقيقية في التعاون والتعاضد. فالتعاون لا يؤمّن الوصول إلى موارد فريدة من نوعها فحسب، مثل التربة في البرازيل في حالة "وولفغانغ ويلك"، بل يمكنه أيضاً أن يأتي بطرق جديدة للتفكير في المشكلات، وهو بذلك يعزز الإبداع.

والبلدان المتقدمة علمياً بحاجة أيضاً إلى استراتيجيات لإنشاء الروابط وإقامة المشروعات لأنه لا توجد أمة مهما بلغ غناها تستطيع الاستثمار في جميع جبهات العلوم والتكنولوجيا. وسوف تكون لدى جميع الأمم محفزات متزايدة نحو التعاون، حتى ولو كان الهدف الوحيد منه هو تقليل التكاليف. وعندما يصير من الممكن التشارك في البنية التحتية العلمية وعدم بنائها بوفرة في بلد بعد آخر (مثلما كانت الحال عليه أثناء حقبة القومية العلمية)، تصبح جميع العلوم أكثر كفاءة. من الواضح أن بعض الحالات تتطلب الوصول المحلي إلى المؤسسات والمرافق المهمة للحفاظ على القدرات العلمية. وربما أظهر الربط بالشبكة العامة الموارد اللازمة في حالات أخرى. لذلك ينبغي أن تتخذ هذه القرارات من أجل كل مجال وكل منطقة حسب الموارد والتحديات والاحتياج للاختبار وردود الأفعال المرتبطة بعمليات التعلم على وجه الخصوص.

يلاحـــظ وجود بعض الاستثمارات بالفعل على غرار ما نوصي به هنا، مثل الاستثمارات المرتبطة بمشروعات العلوم الكبرى، حيث يتم تمويل نشاطات التعاون هذه من عدة بلدان تتحد معاً لأن التكاليف كبيرة جداً ولا يستطيع أي بلد تحملها منفـــرداً أو لأن منافعها المرجوة سوف تتحقق في المستقبل البعيد. وقد أدت أبحاث الفـــضاء وبحـــوث الاندماج إلى مشروعات تعاون مثل هذه. فضلاً عن ذلك، فقد كـــان علمـــاء الفيزياء الذين يعملون في هذه المشروعات والمجالات المتصلة بها في طليعة الجهود الرامية إلى تبادل نتائج الأبحاث مع أوسع مجموعة ممكنة. ومن المعتاد أن تـــراهم يـــضعون البيانات على الشبكة العالمية بانتظام حتى يتسنى لأي شخص استخدامها. كما يقوم كثيرون بنشر أعمالهم ضمن منتدى مفتوح عبر الإنترنت[13].

وبالمقابل، فإن معظم البلدان المتقدمة علمياً تصبح متأخرة عندما يتعلق الأمر بوضـــع استراتيجية لعلوم موزعة من القاعدة إلى القمة. وكما ناقشنا في الفصول الـــسابقة، فـــإن مـــشروعات الـــتعاون الموزعة جغرافياً تزداد بتواتر أسرع من مـــشروعات التعاون القائمة على المعدات والموارد، وذلك يعود في جزء كبير منه إلى أن الإنتـــرنت قـــد قلص تكاليف المعاملات المرتبطة بالأعمال الموزعة. ويمثل مشروع الجينوم البشري واحداً من الأمثلة البارزة على تشارك المهام عبر الفضاء الجغـــرافي، إذ يضم ستة بلدان تتشارك المهام والبيانات على نحو موزع[14]. ومع ازديـــاد مشروعات التعاون الموزعة، يصبح السؤال الوارد هو عن كيفية الحصول علـــى المعـــرفة التي يتم إنتاجها ضمن مختبرات واقعة في أماكن قصية. إن القبول بأهمية القرب الجغرافي في بعض مجالات العلوم أو في مرحلة ما من العملية البحثية سوف يؤدي بواضعي السياسات والباحثين إلى العمل معاً إلى استخدام اتصالات افتراضـــية من أجل تقريب المسافة الجغرافية. وإذا كانت المعرفة الحاسمة تنتج في مكـــان بعيد، يصبح الحصول على الخبرة اللازمة لاستيعاب هذه المعرفة محلياً هو التحدي الرئيس.

تـــشمل الخطـــوات الأولى الأساسية تحديد المواقع في جميع أنحاء العالم ورسم خـــرائط لهـــا تبين أماكن إجراء الأبحاث الجيدة ومساعدة العلماء في الحصول على هـــذه المعلومات. يقدم "مركز المعلومات الياباني للعلوم والتكنولوجيا" المموَّل من حكـــومة البلاد هذه المعلومات منذ سنوات للناس والمجتمع العلمي على حد سواء.

وينبغي على الحكومات الأخرى أو المنظمات غير الحكومية أن تنظر في القيام بدور مماثل في نشر المعلومات عن المشهد العلمي.

إضافة إلى ذلك، يتعين على واضعي السياسات تشجيع الناس على فهم العلوم والتكنولوجيا والمشاركة في عملية سياسات العلوم من أجل التخطيط للمستقبل بفاعلية. وعندما تواصل اقتصاديات العالم نموها نحو المجتمعات القائمة على المعرفة، وعندما تصبح المجتمعات القائمة على المعرفة مستندة إلى العلوم والتكنولوجيا، فلا بد أن يصل الناس إلى فهم العلوم والتكنولوجيا. كذلك فإن إسهام الجمهور حاسم في عملية صنع القرار، وهي أبعد من مجرد اعتماد خيارات قائمة على السوق في ما يتصل بالمنتجات التكنولوجية، فالتوترات الاجتماعية حول وتيرة التغيير قد تكون مدمرة جداً. ومن شأن مشاركة الجمهور في صنع القرار حول الاستثمارات العلمية أن تخفف من هذه التوترات.

إن المطلوب في النهاية هو سياسات تركز لا على التنافس العلمي مع الأمم الأخرى بل على التعاون العلمي والتنسيق العلمي. أما السماح للدوافع السياسية بتحديد موضوع التعاون أو أداته فهو إغراء ينبغي على الحكومات تجنبه. قد تدفع التوجهات السياسية إلى التعاون العلمي مع أمة بعينها (سواء كانت العلوم المعنية مفيدة أم لا)، لكن هذا غير فاعل على الصعيد العلمي. وينبغي كذلك تجنب معاهدات التعاون الثنائي، بل يجب تمويل العلوم بدلاً من ذلك بهدف تحقيق الأهداف العلمية والاجتماعية وليس الأهداف السياسية.

توجيه الشبكات

إذا أراد واضعو السياسات في كل من البلدان النامية والمتقدمة المشاركة الفاعلة في الأكاديمية العالمية الخفية، فينبغي عليهم تعلم كيفية إدارة الشبكات الناشئة ومتابعتها، إذ يتعذر التحكم بهذه الشبكات؛ بل يمكن توجيهها فقط. لنتذكر أن الشبكات تتطور باستمرار بناء على احتياجات أعضاء الشبكة وعلى المحفزات المقدمة والمتاحة لأعضاء الشبكة من أجل الانضمام إلى المجموعة والبقاء ضمنها. وغالباً ما نرى أن هذه الاحتياجات والمحفزات في حالة العلوم تتمحور حول الرغبة في الاعتراف والتقدير بالمعنى الأوسع. ونتيجة لذلك، فإن عملية الارتباط التفضيلي - التي تساعد على

الأرجح في حل مسألة علمية أو تحقيق هدف محدد - هي التي تحدد شكل نمو الأكاديمية العالمية الخفية. وكما رأينا، فإن الأشخاص الذين يتمتعون بأعلى قدر من التواصل مرئيون و"أغنياء" بالموارد ولذلك فهم يزيدون من اتصالاقم على نحو أسرع من أقرانهم الأقل تواصلاً، وهذا يسمح للمحاور المؤثرة أن تعزز مكانتها كنقاط أو مراكز جذابة للنشاط والتبادل ضمن الشبكة. كذلك فإن مكانتها تمنحها إمكانية التأثير في الاتصالات وعمليات التبادل في المستقبل، الأمر الذي يجعلها قوية على نحو غير متكافئ في تحديد شكل العمليات البحثية ونتائجها.

المبادئ التوجيهية التالية مستمدة من نظرية الشبكات التي يعرضها هذا الكتاب. ولتعزيز إنتاجية العلوم العالمية وتشجيع الباحثين على التنظيم الذاتي حول مسائل ذات اهتمام محلي أو وطني أو إقليمي، ينبغي على واضعي السياسات:

- دعوة "الأبطال" أو العلماء ذوي التأثير الكبير للمساعدة في تنظيم الأبحاث أو قيادتها. فغالباً ما يقوم "الأبطال" بدور "حراس" الموارد العلمية ويمكن أن يشملوا باحثين جدداً أيضاً.

- تسهيل التفاعل بين العديد من الأطراف الفاعلة، وخاصة عبر اللقاءات وجهاً لوجه في الندوات والمؤتمرات وكذلك عبر تمويل الرحلات الدولية والدراسات قصيرة الأجل.

- إيجاد محفزات لتنظيم العمل في مسائل بحثية مهمة، وتقييم هذه المحفزات اعتماداً على ردود فعل "السوق" في أثناء سعي الباحثين لإجراء الأبحاث.

- وضع أهداف للأبحاث تتوافق مع الإمكانيات غير المباشرة على المستوى المحلي.

- إيجاد ظروف ملائمة لتبادل المعارف والأفكار والبيانات والمعلومات المدونة. يمكن أن تشمل الخيارات الحوسبة الشبكية وفتح مواقع الإنترنت والمسح بحثاً عن معلومات مهمة وإيجاد مشروعات مثل "برنامج علم الحدود البشرية" (Human Frontiers Science Program) يتم إنشاؤها وتمويلها من أجل التعاون الدولي على وجه الخصوص.

- تمكين الفرق من وضع الخطوط العريضة لقواعد التفاعل بدلاً من السماح بوضع قواعد المشاركة هذه سابقاً من قبل هيئة أو مؤسسة ما. ربما كانت المبادئ

التوجيهية مفيدة، لكن يتعين على كل فريق أن يضع قواعده الخاصة للتعاون ولإدارة الملكية الفكرية ولنشر المعلومات.

- تأمين المعلومات الكاملة عن العلوم على المستويات المحلي والوطني والإقليمي والعالمي على نحو يمكن العلماء المحليين من معرفة ما يحدث في الأماكن المتعددة التي تجري فيها الأبحاث.

دور المنظمات والمؤسسات في قرن التشبيك

لا يمكن أن تحل الشبكات محل المنظمات والمؤسسات، بل تغير طريقة تشغيلها. وكما لاحظ آخرون، فإن لدينا فهماً جيداً نسبياً لكيفية إيجاد مؤسسات تديرها قواعد ثابتة ومسؤولة وبقدر معقول من الفاعلية في البناء العمودي الذي نسميه التخصصات والمؤسسات المعروفة والدول القومية المقيدة جغرافياً. لكن ليست لدينا مؤسسات كافية أو قدرات لقيادة المسؤولية الأفقية عبر الولايات [الدول] أو حتى عبر التخصصات الأكاديمية. والسؤال الوارد لدينا هو ما إذا كان من الممكن أن تحل الشبكات مكان بعض الأدوار التي ربما كانت المؤسسات الأفقية تود أن تؤديها. وكانت قد مرت بهذه التجربة، على سبيل المثال، "مجموعة الأبحاث الاستشارية الزراعية الدولية" (CGIAR) التابعة للبنك الدولي التي تعمل كشبكة تتمتع بدرجة كبيرة من الاستقلالية ضمن المؤسسة الأم، إذ تقدم الشبكات نوعاً من المرونة وقابلية التكيف لا يمكن أن تقدمه المؤسسات، وربما كانت هيكلية الشبكة هي الهيكلية المفضلة لإيجاد مؤسسة جديدة في حالات يكون فيها وجود هيكلية مرنة وقابلية للتكيف أمراً ضرورياً.

إن التمويل هو المسألة الأساسية التي تتبع التغيير، وهي مسألة سيأخذ فيها إيجاد الحل المنطقي وقتاً، إذ لا يمكننا تغيير الروابط السياسية بين العلوم والتمويل الوطني العام بين عشية وضحاها، وربما كنا لا نريد التغيير بسرعة كبيرة على أي حال. كذلك فإن العلم يخدم الجماهير الديمقراطية، ولذا ما زال يجب على ممارسي العلوم أن يكونوا مسؤولين أمام الجماهير. يتم تقديم هذه الخدمات حالياً عبر الدول القومية، وهذه الحال تتغير ببطء إذ يصبح تقديم الخدمات يجري عبر جمهور أوسع. يجب أن يفهم الناس فوائد اكتساب العلوم كمصدر عالمي يمكن الاستفادة منه

محلـــياً، ومــــع تنامــــي هذا الوعي، ستجد الهيكليات المديرة طرقاً جديدة لتحويل المــــساءلة إلى مكاســـب محلية. وللقيام بذلك، سوف يحتاج واضعو السياسات إلى إيجاد طرق جديدة لقياس العوائد على العلم استناداً إلى امتدادها العالمي. عند ذلك، يصبح منطق التمويل المفتوح للعلوم أكثر قبولاً ويصير أمراً حتمياً.

ثمـــة نمــــاذج أخرى للتمويل تحتاج إلى النظر فيها وتطويرها في الوقت نفسه. ويمكـــن لحــــركة البرمجيات ذات المصدر المفتوح أن تؤمّن مثل هذه النماذج، إذ لا يـــوجد تمـــويل مركزي للبرمجيات ذات المصدر المفتوح، بل يقدم التمويل من قبل مشاركين أفراد في الشبكة. ويتم التفاوض ضمن الشبكة في مسائل امتلاك حقوق الملكـــية الفكــــرية. كذلك فإن تشارك المعرفة يحدث مع الجميع، مما يشجع على الإبداع وتعزيز المشاركة ضمن حلقة فاعلة. ونتيجة لذلك أصبحت إنتاجية الحركة ذات المصدر المفتوح هائلة. وبالمثل، فقد ركزت النقاشات في تمويل نشر المؤلفات العلمية المحكّمة على التحول من جعل القارئ يدفع لقاء الحصول على المؤلفات إلى جعل المؤلف يدفع لقاء نشر مؤلفاته.

ومع ظهور هذه النماذج الجديدة، ينبغي أن نسمح بزوال المعاهدات بين الأمم والاتفاقيات رفيعة المستوى المتعلقة بالعلوم. ويجب ألا يكون العلم موضوع مقايضة أو محاباة سياسية، إذ لا يمكن للتنافس الدولي على المصادر العلمية إلا أن ينتقص من كــــل العلــــوم. كما يجب على واضعي السياسات بدلاً من ذلك تشكيل تحالفات مكلّفــــة بمعالجــــة مشكلات علمية وتقنية رائدة والتعاون لإنتاج المحفزات على حل هـــذه المشكلات. وعندما يصل العلماء في كل مكان إلى مستوى هذه التحديات الكبرى، ينبغي على واضعي السياسات التنحي جانباً وترك الأكاديمية العالمية الخفية تقوم بعملها.

الملحق أ

قياس قدرات العلوم والتكنولوجيا على المستوى الوطني

أنجز هذا العمل بالتعاون مع "إدوين هورلينغز"، معهد راثينو، لاهاي، هولندة، و"إريندام دوتا"، مؤسسة "راند"، سانتا مونيكا، كاليفورنيا.

إن قدرات البلاد على المشاركة في الاقتصاد العالمي القائم على المعرفة وفي المشروعات البحثية التعاونية تعتمد على المستوى الدولي على قدراتها في العلوم والتكنولوجيا إلى حد كبير[1]. يقدم هذا الملحق نظام التصنيف الذي نستخدمه لقياس القدرات في العلوم والتكنولوجيا على المستوى الوطني.

تعرَّف القدرات في العلوم والتكنولوجيا، لغايات تتصل بهذه العملية، بأنها القدرة على استيعاب المعرفة التخصصية والاحتفاظ بها وعلى استغلالها لإجراء الأبحاث وتلبية الاحتياجات وتطوير منتجات وعمليات تتمتع بالكفاءة. تختلف *القدرات* في العلوم والتكنولوجيا عن *مخرجات* العلوم والتكنولوجيا. إن السؤال عن أي البلدان التي تنتج قدراً أكبر من المخرجات العلمية سؤال مثير للاهتمام بحد ذاته. ويمكن معالجته بترتيب البلدان حسب مؤشرات مثل عدد الدراسات العلمية أو براءات الاختراع المنشورة أو المقدمة سنوياً. لكن كثيراً من البلدان ربما تكون غائبة عن هذا الترتيب. وربما قدم هذا الترتيب أيضاً فكرة موجزة عن قدرة البلدان النامية على توسيع قدراتها في العلوم والتكنولوجيا مستقبلاً أو الانضمام إلى مشروعات التعاون الدولية أو استخدام الموارد المتاحة لبناء المزيد من القدرات. ومع ذلك، فإن هذه البلدان هي التي لديها الرغبة الكبرى في الانضمام إلى مجتمع العلوم

والتكنولوجــيا الــدولي. وتبعاً لذلك، يمكن لمؤشر يركز على القدرات أن يعطينا أفكاراً لا يمكن الحصول عليها بدراسة المخرجات وحدها.

إن المؤشر الموصوف هنا، والذي يدعى "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا" 2002 (STCI-02) - يقارن البنية التحتية للعلوم والتكنولوجيا وقدرات استيعاب المعـــارف عبر البلدان[2]. لكنه لا يقيس مدى مضي البلد قدماً على جبهات معارف العلوم والتكنولوجيا أو إنتاج منتجات العلوم والتكنولوجيا. كذلك لا يعني ارتفاع مقـــياس القدرات أن النشاط العلمي يجري فعلياً في ذلك البلد، بل يشير فقط إلى وجـــود ظـــروف ذلـــك النـــشاط. ومن ثم، يمكن أن يظهر بلد ينتج القليل من المخـــرجات العلمية، مثل نيوزيلندة، في مركز متقدم نسبياً على المؤشر لأنه يتمتع بقدرات كبيرة في العلوم والتكنولوجيا، بالرغم من أن نظامه الاقتصادي لا يستغل هذه الإمكانيات حالياً. ويتبع هذا المؤشر نهجاً مكملاً لجهود القياس التي تركز على المخرجات التكنولوجية، مثل مؤشر الإنجازات التكنولوجية (Technology Achieve-ment Index) ومؤشر أركو (ArCo Index)[3]، عبر التركيز على الظروف الكامنة وراء القدرات.

ومـــا لا يقل أهمية عما سبق أن المؤشر يقيس الفروقات الدولية *النسبية* فقط ولا يمكن استخدامه لتتبع تطور قدرات أمة واحدة عبر الزمن. فضلاً عن ذلك، فإن التركيز على القدرات على المستوى الوطني لا يستطيع أن يعطي سوى صورة جزئية عن كيفية توزيع إمكانيات العلوم والتكنولوجيا في العالم. نستخدم هنا مصطلح "البلد" أو "الأمة" علـــى أنــه الـــوحدة التعريفية للتحليل والسبب في ذلك إلى حد بعيد هو كيفية جمع البيانات وإبلاغها، وبذلك تكون الدولة القومية بمنـــزلة نظام مرجعي[4]. كما أن أموال الأبحـــاث والتطوير غالباً ما تخصص على المستوى الوطني وتوزع عبر مؤسسات واقعة في البلاد. لكن المعرفة لا تعترف بالحدود السياسية. ويمكن أن تمتد "حدود المعرفة" إلى مـــناطق فـــرعية وكـــذلك إلى أقاليم تعبر الحدود الوطنية، حتى ضمن بلدان بعينها[5]. وهناك، على سبيل المثال، بعض نظم الابتكار الوطنية ضمن أمريكا الشمالية تتميز بأنها نظم قوية جداً. أما في الاتحاد الأوروبـــي، فنظام العلوم والتكنولوجيا متكامل على نحو جـــيد جـــداً على المستوى فوق الوطني[6]. وعموماً، كما يقول هذا الكتاب، فإن نظام المعرفة العالمي الناشئ يغير طريقة عمل النظم الوطنية.

اختيار المؤشرات

إننا ندرك أثناء اختيار أحد المؤشرات ليكون "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا - 02" أن قدرات العلوم والتكنولوجيا بناء نظري، إذ لا يمكن تحديد حجمها وعلوّها مباشرة، ناهيك عن الدقة في التحديد. علينا بدلاً من ذلك الاستناد إلى سلسلة من المتغيرات الاستدلالية. وبذلك تكون المؤشرات المختارة لتعطي مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا مستندة إلى تقييم للعوامل التي تمكن البلدان من استيعاب المعرفة والاحتفاظ بها واستخدامها وإيجادها. ونتيجة لذلك، نرى تراكباً بين بعض القياسات من حيث السمات التي يجري تقييمها.

لقد استقيت معظم البيانات المتوافرة من مصادر منشورة، مثل تقارير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي عن التنمية البشرية. وربما سمح جمع البيانات مباشرة بضبط تحديد البيانات وجودتها وفقاً لاحتياجات العملية. لكن نظراً للكلفة الزمنية والمالية التي يمكن أن يتطلبها هذا الجهد، اخترت أن أعتمد على بيانات إحصائية نشرتها كبرى المنظمات الدولية، وهي مصادر موثوقة للمعلومات لديها سجل طويل من جمع البيانات وتنسيقها.

وبأخذ هذه الظروف بالحسبان، اخترت المؤشرات الكمية الثمانية التالية:

- الناتج المحلي الخام للفرد محسوباً بالقوة الشرائية للدولار[7].
- نسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية[8].
- عدد العلماء والمهندسين المشاركين في الأبحاث والتطوير لكل مليون نسمة[9].
- عدد المؤسسات البحثية لكل مليون نسمة[10].
- حجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير من قبل مصادر عامة وخاصة كنسبة من الناتج المحلي الخام[11].
- عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة[12].
- عدد المقالات المنشورة في مجلات العلوم والتكنولوجيا لكل مليون نسمة[13].
- الحصة المثقّلة لكل بلد من جميع الدراسات التي تم تأليفها بتعاون دولي[14].

وكما أشرنا في الفصل السادس، تقسم هذه المؤشرات إلى ثلاث فئات. ويمثل الناتج المحلي الخام للفرد ونسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية مثالين على *العوامل المساعدة*، ويمثل عدد العلماء والمهندسين وعدد

المؤســسات البحثــية ومقدار الإنفاق على الأبحاث والتطوير *الموارد* المتاحة للعلوم والتكنولوجيا، أما عدد براءات الاختراع ومجالات العلوم والتكنولوجيا، إضافة إلى الحصة النسبية للبلاد من الدراسات المؤلفة بتعاون دولي، فيقيس *المعرفة الكامنة*.

اضطررنا عند اختيار هذه المؤشرات إلى إيجاد توازن بين التغطية (عدد البلدان أو الأقاليم أو الوحدات الأخرى المشمولة في التحليل) والشمولية (عدد أبعاد العلوم والتكنولوجيا وتنوعها). ومن الواضح أنه من المستحسن التركيز بشدة على المؤشر، أي تحديــد غايــته ومــا يقيسه وما لا يقيسه، لأنه لا يمكن لأي مؤشر أن يغطي الــشريحة الكاملــة من الأبعاد المرتبطة بمجال موضوع ما. وترتبط التغطية ارتباطاً وثــيقاً بالشمولية: وكلما زادت تفاصيل البيانات، كلما أمكن تقليص عدد البلدان أو الأقاليم أو المجموعات الاجتماعية المشمولة. وهذا صحيح بوجه خاص في كثير مــن الــبلدان النامــية حــيث يتم جمع كمية أقل من البيانات وتكون المعلومات الإحــصائية أقل موثوقية[15]. لكن لا بد من أن تؤدي أي مقارنة دولية واسعة عبر مجموعة من المتغيرات إلى مشكلات تتصل بتوافر البيانات. وتبعاً لذلك، فقد سعينا إلى إنشاء المؤشر بحيث يشمل أكبر عدد ممكن من البلدان، لكن اللائحة النهائية لا تغطي العالم بأسره.

يــنطوي إيجاد التوازن بين التغطية والشمولية على الاختيار من بين الخيارات الــثلاثة التالية: (1) استخدام عدد أقل من المتغيرات و(2) تقليل عينة البلدان و(3) إيجاد طرق إحصائية للإبقاء على عينة البلدان كاملة ومجموعة المتغيرات كاملة.

اخترنا الخيار الثاني بعدما تبين لنا أننا بالتخلص من المتغيرات قد نضحي بأكثر ممــا سنكــسب مع اتساع نطاق التغطية. وربما أوحى هذا الخيار بوجود تحيز في "مؤشــر قــدرات العلوم والتكنولوجيا 02" نحو البلدان المتقدمة جداً. ومن جهة أخــرى، فإننا نفترض أن فرص إغفال قدرات نسبية في العلوم والتكنولوجيا سوف تختفــي مــع تضاؤل حجم البيانات. وهذا ما يشير إليه الجدول أ-1، حيث تظهر تغطية البيانات.

بــدأنا بلائحة من 215 بلداً ومنطقة اعتماداً على ما نشر من بيانات إحصائية دولية. واستثنينا 32 من المناطق التابعة والدول الصغيرة التي كانت بياناتها شحيحة للغايــة، مثل أندورا وسان مارينو، وكذلك توفالو وتونغا ودول أخرى بين جزر

المحيط الهادئ، فأصبحت اللائحة من 183 بلداً. ثم استبعدنا البلدان التي لم تتوافر لنا بيانات خاصة بها من أجل واحد أو أكثر من المؤشرات الثمانية، كما يبين الجدول أ-1. وتمـــثل الدول الـــ 76 المتبقية أكثر من 80 بالمئة من سكان العالم، وهي التي كانت بياناتها لدينا كافية للمؤشر.

تناولـــنا احتمال أن يؤدي الاعتماد على هذه المجموعة الفرعية إلى تحيز المؤشر عبر رســـم منحنـــيات "لورينـــــز" لتوزع الدخل في البلدان ضمن العينة ولجميع البلدان والمناطق التابعة الـــ 215 في العالم. وأظهر هذا التحليل أن التوزع يكاد يكون متطابقاً، بالرغم من أن العينة تمثل تغطية أعلى من أجل الناتج المحلي الخام للفرد. ثمة تحيز طفيف نتيجة لذلك، لكنه لا يؤثر على صحة المؤشر أو دلالته (representativeness).

الجدول أ-1. ملخص عن تغطية بيانات البلدان المحسوبة في مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا(*)

البند	*عدد المؤشرات المشمولة في أبحاث البيانات العالمية*							
	المؤشرات الثمانية كلها	*سبعة*	*ستة*	*خمسة*	*أربعة*	*ثلاثة*	*اثنان*	*مؤشر واحد أو لا يوجد*
عدد البلدان التي تتميز بهذا المستوى من البيانات	**76**	19	25	22	4	5	31	1
معدل الناتج المحلي الخام للفرد (2000 دولار)	**8.329**	5.094	1.763	3.006	13.236	1.748	3.386	لا توجد معلومات
النسبة من سكان العالم التي تعكسها البيانات	**82.4**	3.3	8.7	3.7	0.5	0.5	0.9	0
النسبة من الناتج المحلي الخام العالمي التي تظهرها البيانات	**92.7**	2.2	2.1	1.5	0.9	0.1	0.4	0.1

(*) لا يشمل المؤشر سوى البلدان التي تتميز بوجود جميع المؤشرات الثمانية، وتتمثل هذه البلدان في البيانات الواردة في العمود بالأسود البارز. سنة الأساس هي 2000

إنشاء المؤشر

قمـــنا بعـــد اختيار المتغيرات بجمع المؤشرات كلها ضمن مؤشر واحد وذلك بتحويلها إلى صيغة مشتركة والتحقق من اتساقها وارتباطها واختيار طريقة التثقيل أو "الوزن" المناسبة من الناحية النظرية. ويقدم هذا القسم البيانات والتحليل بطريقة تـــسمح للباحـــثين الآخـــرين بإعادة حساباتنا وتنقيح المؤشر باستخدام معلومات جديدة وإضافة المتغيرات أو حذفها بحسب الرغبة.

تحويل المؤشرات إلى صيغة مشتركة

يجب أن تكون المؤشرات قابلة للمقارنة حتى نتمكن من استخدامها، كما في الدراسات المالية حيث يعبر عن القيمة بالعملة نفسها (مثل الدولار). وينبغي تحويل البـــيانات المأخوذة بوحدات مختلفة (أرقام تقريبية ونسب مئوية وما إلى ذلك) إلى صـــيغة مشتركة. فبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، على سبيل المثال، يحول البيانات لديـــه حـــول الناتج المحلي الخام للفرد ومتوسط العمر المتوقع والتعليم إلى متغيرات بقـــيمة بين 0 و1 قبل جمعها ضمن مؤشر التنمية البشرية[16]. يساعد هذا الأسلوب علـــى تقليل أثر القيم المتطرفة وانتحاء (*Skewness*) توزيع المتغيرات. وقد اخترنا الحفـــاظ علـــى هذه المعلومات إلى أكبر حد نوعاً ما عبر تحويل الأرقام الواردة في مجموعة البيانات لدينا إلى مقدار البعد عن قيمة وسطية دولية. ويعبر عن هذا البعد بنـــسبة مئوية من الانحراف المعياري لكل متغير. ومن نتائج هذه العملية أن إضافة بلـــد واحـــد إلى مجموعة البيانات سوف يغير نقاط جميع البلدان الأخرى. وبتعبير آخر، فإن موضع كل بلد على المؤشر نسبـــي تماماً.

الاتساق والارتباط

إذا أردنا أن يكون المؤشر متسقاً، فيجب أن يكون لكل مؤشر النوع ذاته من الـــتأثير في النتيجة المركبة. فمثلاً، إذا كانت قيمة أحد المؤشرات تراوح بين −1 و+1 وقـــيمة مؤشر آخر تراوح بين 0 و+1، فلن يكون المؤشر متسقاً داخلياً لأن المؤشر الأخـــير يمكـــن أن يترك تأثيراً سالباً (كانت القيم الأصلية في حالتنا موجبة جميعها وتتراوح بعد التحويل من نحو −2 إلى +6). ويظهر هذا التضارب أيضاً مع مؤشر

يتـــرك أثراً موجباً مع انخفاضه. وأخيراً، يمكن أن تكون متغيرات المكونات المختلفة بـــدائل أو مكملات. مثلاً إذا كان لدينا مؤشران مرتبطين ارتباطاً وثيقاً جداً، فقد يجعلـــنا ذلـــك في الواقع نقوم بحساب مزدوج للتأثير (إذا كان R قريباً من −1) أو قياسه عكسياً (إذا كان R قريباً من −1). وفي هذه الحالة، فإن المؤشرين يلغي كل منهما الآخر.

تـــساعد ثلاثة اختبارات في تحديد الاتساق الداخلي للمؤشر. ويبين تحليل *تـــوزع القيمة حول المتوسط الحسابـــي* درجة حساسية المجموع للتباين في قيمة كل متغير. ولأن التوزيع حول المتوسط الحسابـــي يمكن أن يختلف من أجل كل مـــتغير، فإنه من المهم أن نعرف كيف ستؤثر هذه الفروقات في المؤشر المركب. يـــبين الجدول أ−2 معلومات موجزة عن المؤشرات. وتشير قياسات الميل إلى أن تـــوزع المـــصادر المـــساعدة (الـــناتج المحلي الخام للفرد ونسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية) ضمن العينة هو توزع طبيعي تقريباً. لكن القـــيم المتطـــرفة في الـــنطاقات العليا على وجه الخصوص تترك أثراً أكبر على المـــتغيرات التي تمثل الموارد والمعرفة الكامنة. وهذا الأمر صحيح بوجه خاص من أجـــل المؤســـسات البحثـــية ومؤشـــر التعاون في كتابة المؤلفات وعدد براءات الاختراع.

ويـــشمل الاختبار الثاني حساب *العلاقات المتبادلة بين كل من المتغيرات* لمعـــرفة البدائل والمكملات. يبين الجدول أ−3 وجود علاقة ارتباط موجبة بين جمـــيع المؤشـــرات، فلا نجد مؤشرين يلغي أحدهما الآخر. ويدل ذلك على أن المؤشـــرات المخـــتارة هـــي مؤشرات مكملة. إضافة لذلك، فقد بلغت معظم معاملات الارتباط [العلاقات المتبادلة] قيمة كبيرة عند مستوى 1 بالمئة. وكانت أقـــوى العلاقـــات المتبادلة التي وجدناها بين الناتج المحلي الخام وعدد العلماء والمهندســـين والإنفـــاق على الأبحاث والتطوير وعدد المقالات المنشورة وعدد بـــراءات الاختراع. ونتيجة لذلك، من المحتمل أن يتم قياس بعض الآثار مرتين (مـــثل الاختراعات الحاصلة على براءة اختراع المعروضة في المقالات أو إنفاق أمـــوال الأبحاث والتطوير على العلماء والمهندسين أو آثار تنامي الإنفاق على الأبحاث والتطوير).

الجدول أ-2. وصف إحصائي للمؤشرات

العوامل المساعدة	المتوسط الحسابي	القيمة الوسطية	الانحراف المعياري	الانتحاء	القيمة الدنيا	القيمة العظمى
نسبة إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية	9.66	9.75	6.38	0.721	0.20	27.40
الناتج المحلي الخام للفرد	13,193	9,409	9,648	0.470	896	34,142
الموارد						
عدد المهندسين لكل مليون نسمة	1,333	1,170	1,258	0.871	2	4,960
عدد المؤسسات لكل مليون نسمة كنسبة من الناتج المحلي الخام	7.57	2.53	13.80	4.170	0.21	91.75
الناتج						
مؤشر التعاون في كتابة المؤلفات	437	167	652	2.550	2	3,220
عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة	31.16	1.34	56.36	2.215	0	343.61
عدد المقالات المنشورة في مجالات العلوم والتكنولوجيا	218.18	92.70	273.19	1.269	0.55	954.92

الجدول أ-3. مصفوفة العلاقات المتبادلة في مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا

البند	عدد العلماء والمهندسين لكل مليون نسمة	عدد المؤسسات البحثية لكل مليون نسمة	حجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير من الأموال العامة	إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية	الحصة النسبية من المقالات التي تمت كتابتها بتعاون دولي	عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة	عدد الدراسات العلمية المنشورة لكل مليون نسمة	الناتج المحلي الخام للفرد محسوباً بالقوة الشرائية للدولار
عدد العلماء والمهندسين لكل مليون نسمة	1							
عدد المؤسسات البحثية لكل مليون نسمة	0.504(**)	1						
حجم الإنفاق على الأبحاث والتطوير من الأموال العامة	0.777(**)	0.502(**)	1					
إجمالي الالتحاق بالدراسات العليا في الجامعات العلمية	0.569(**)	0.332(**)	0.512(**)	1				
الحصة النسبية من المقالات التي تمت كتابتها بتعاون دولي	0.562(**)	0.332(**)	0.583(**)	0.295(**)	1			
عدد براءات الاختراع لكل مليون نسمة	0.734(**)	0.603(**)	0.830(**)	0.340(**)	0.564(**)	1		
عدد الدراسات العلمية المنشورة لكل مليون نسمة	0.760(**)	0.627(**)	0.859(**)	0.476(**)	0.621(**)	0.764(**)	1	
الناتج المحلي الخام للفرد محسوبا بالقوة الشرائية للدولار	0.792(**)	0.603(**)	0.795(**)	0.535(**)	0.612(**)	0.742(**)	0.855(**)	1

المصدر: حسابات المؤلف.

(**) يكون الارتباط مهماً في "ارتباط بيرسون" عند المستوى 0.01 (ثنائية الذيل).

ويـــرتبط الاختـــبار الـــثالث *بالاتساق مع الزمن*. إذ يمكن أن نرى تغيراً كبيراً في التقلبات ومعدلات النمو من أجل كل مكون. فإذا كان لأحد المكونات معدل نمو وســطي أعلـــى أو تقلبات سنوية أقوى، فإن تأثيره على المؤشر المركب مع مرور الـــزمن وعـــند أي مكون معطى قد يكون أكثر أهمية وقد يتغير بوضوح أكبر من المؤشـــرات الأخـــرى. لذلك اختبرنا ما إذا كانت طريقة إنشاء المؤشر تأخذ هذه الاحتمالية في اعتبارها (هذه النتائج غير معروضة هنا).

واســـتناداً إلى هذه الاختبارات الثلاثة، يمكننا أن نخلص إلى أن "مؤشر قدرات العلـــوم والتكنولوجـــيا 02" متسق داخلياً، وقيمته المركبة ليست حساسة للقيمة المطلقة لمكوناته، إذ يمكن أن تتراوح جميع المكونات بين قيم سالبة وموجبة، لكنها تـــسهم جمـــيعها في القـــيمة الكلية بالطريق نفسها (موجبة)، كما تبين معاملات التـــرابط. ويـــتحدد مدى إسهام المؤشرات في المؤشر المركب ليس فقط بقيمتها المطلقة أو المحولة، بل أيضاً بالوزن المعطى لكل مكون.

عمليات الوزن أو التثقيل

بعد اختيار المؤشرات اختياراً صحيحاً، وبعد تحويل قيمها إلى صيغة مشتركة والتحقق من الاتساق الداخلي للمؤشر، يمكن حساب المؤشر المركب. إذا تم التعبير عن المكونات بوحدة مشتركة (مثل الدولار أو عدد الأشخاص)، فلا داعي لوزنها أو لتثقيلها. ومع ذلك، فليست المكونات عادة قابلة للمقارنة، ولا يمكن جمعها أو حـــساب قيمتها الوسطية ببساطة حتى بعد تحويلها إلى صيغة مشتركة، لذلك لا بد مـــن وزن أو تثقـــيل المؤشرات من أجل إنشاء المؤشر المركب. تبين المعادلة التالية الطريقة التي استخدمناها لحساب المؤشر والدور الذي يؤديه وزن المؤشرات في هذه العملية:

$$(ST_i = \frac{\sum_{j=1}^{J}\left(\frac{X_{ij}-\overline{X}_j}{\sigma_j}\right)\cdot w_j}{W})$$

في هذه المعادلة:

STi هي قيمة "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا" من أجل البلد i.

Xij هي قيمة المؤشر *j* من أجل البلد *i*.

Xj – المعدل الدولي للمؤشر j

σj – الانحراف المعياري للمؤشر j

J – إجمالي عدد المؤشرات

Wj – الوزن المعطى للمؤشر j

W – مجموع جميع الأوزان

يمكن استخدام ثلاث طرق لوزن أو لتثقيل المؤشرات غير القابلة للمقارنة:

1. عدم اختيار أي وزن (فتكون جميع الأوزان بقيمة 1)؛
2. اختيار أوزان اعتباطية بعد إجراء تحليل للحساسية من أجل تحديد مجال عمليات الوزن أو التثقيل التي يكون المؤشر قوياً ضمنها؛
3. اشتقاق الأوزان إحصائياً عبر تحليل العوامل.

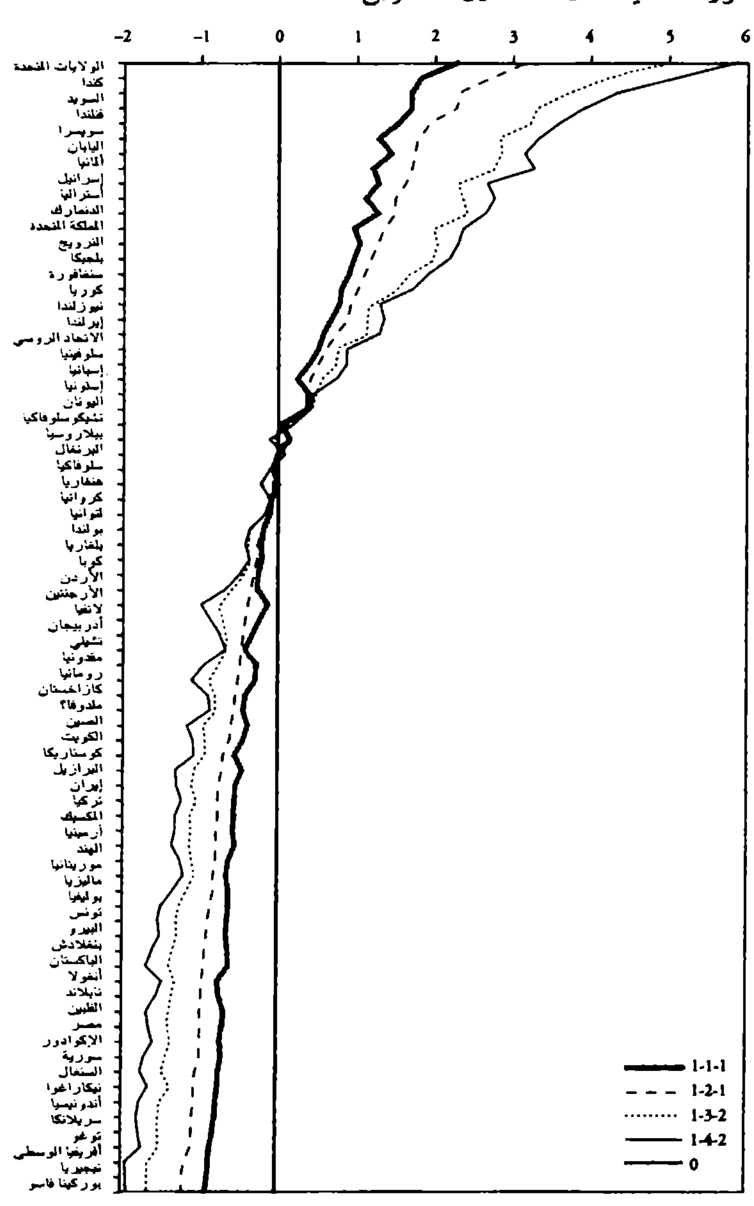
قمنا بتنفيذ الأسلوب الثاني باختبار عدد من عمليات التثقيل المختلفة. وأعطيت الأوزان لكل نطاق بين النطاقات الثلاثة لقدرات العلوم والتكنولوجيا: العوامل المساعدة والموارد والمعرفة الضمنية دون أن تكون المؤشرات موزونة أو مثقلة ضمن كل نطاق. وأعطينا للموارد في كل حالة وزناً مساوياً أو أكبر من الفئتين الأخريين من المتغيرات لأن هذا النطاق يقيس القدرات عن كثب أكثر. يبين الجدول أ–4 عمليات التثقيل الأربع التي اختبرناها.

الجدول أ–4. عمليات الوزن أو التثقيل من أجل "مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا"

رقم عملية التثقيل	العوامل المساعدة	الموارد	المعرفة الضمنية
1	1	1	1
2	1	2	1
3	1	3	2
4	1	4	2

ويبين الشكل أ–1 كيفية تأثير عمليات الوزن أو التثقيل المختلفة في المؤشر. نلاحظ أن نطاقي الموارد والمعرفة الضمنية يتسمان بتوزيع أكثر ميلاً عبر البلدان من توزيع العوامل المساعدة. فعندما نزيد الوزن المعطى لهذين النطاقين، تصبح الفروقات الدولية أكثر وضوحاً لوجود تحيز إلى البلدان ذات الإنجازات الأفضل على حساب البلدان المتأخرة وراء القيمة المتوسطة الدولية. ربما كان من الأفضل

الحـــد من هذا التحيز، لكننا نريد في الوقت نفسه إعطاء وزن أكبر للمؤشرات التي تمـــثل المـــوارد، لأن هذه المتغيرات أقرب لتكون قياسات مباشرة لقدرات العلوم والتكنولوجـــيا. لذلك اخترنا تنفيذ عملية الوزن أو التثقيل الثانية التي تعطي الموارد ضعف الوزن الذي تعطيه للنطاقين الآخرين.



الشكل أ-1. تأثير عملية الوزن أو التثقيل على التوزيعات

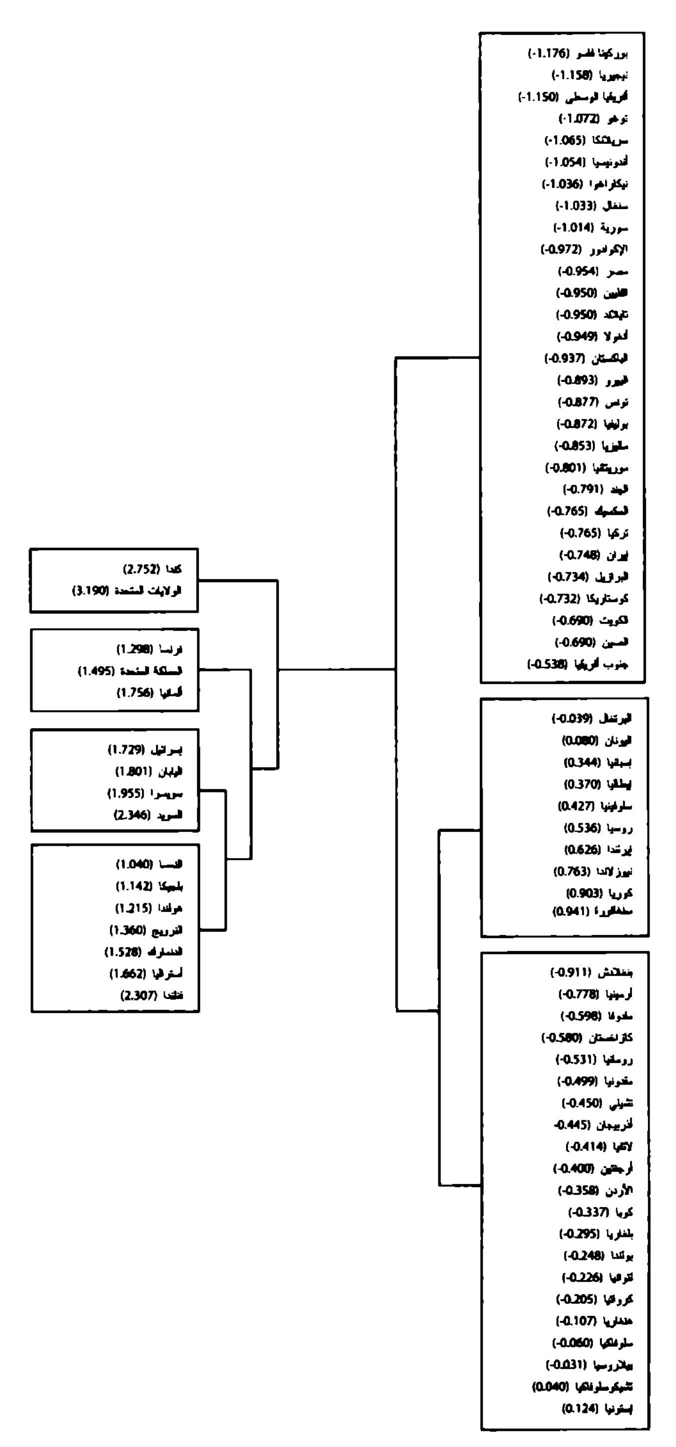
"مؤشر قدرات العلوم والتكنولوجيا - *2002*"

يقـــدم "مؤشـــر قـــدرات العلوم والتكنولوجيا 2002" تحليلاً كاملاً لبيانات مأخـــوذة مـــن 76 بلداً (عد إلى الجدول 6-1 للحصول على الترتيب الكامل لهذه الـــبلدان). وكمـــا هو موضح في الفصل السادس، فقد قسمنا البلدان في مجموعة البيانات إلى أربع فئات استناداً إلى النقاط التي سجلتها وفق المؤشر:

1. يكـــون البلد *متقدماً* إذا كانت نقاطه أعلى بمقدار انحراف معياري واحد فوق المعدل الدولي.
2. يكـــون الـــبلد *ذا كفـــاءات* إذا كانت نقاطه بين المعدل الدولي وبين انحراف معياري واحد فوق المعدل الدولي.
3. يكـــون الـــبلد *نامياً* إذا كانت نقاطه بين المعدل الدولي وبين انحراف معياري واحد تحت المعدل الدولي.
4. يكـــون الـــبلد *متأخراً* إذا كانت نقاطه تحت المعدل الدولي بأكثر من انحراف معياري واحد.

ولتنقيح عملية التصنيف، أجرينا تحليلاً تجميعياً إحصائياً[17]، ويبين الشكل أ-2 نتائج هذا التحليل. وهو يصور مجموعة من أربع مجموعات متقدمة إلى جهة اليمين تم تجمـــيعها معـــاً علـــى نحو وثيق تبرز ترابطها الداخلي. ومنها "مجموعة كندا - الـــولايات المتحدة" ومعه ثلاث مجموعات أخرى، وبخاصة الدول الأوروبية إضافة إلى الـــيابان وإســـرائيل. أما البلدان الأخرى فهي بعيدة الارتباط بالبلدان المتقدمة، وخاصة بالولايات المتحدة وكندا.

وســـيتم في بحث إضافي تحليل أداء البلدان حسب النطاق. حيث تجري مقارنة الـــشروط المـــسبقة والمـــوارد وإنتاج العلوم ضمن البلدان وعبرها للخروج بتقدير لإنتاجية قدرات العلوم والتكنولوجيا من أجل كل بلد[18].



الشكل أ–2. تحليل تجميعي للعلاقات بين البلدان الستة والسبعين في المؤشر الكامل

الملحق ب

لائحة بمن جرت معهم المقابلات

أود هنا أن أعرب عن عميق امتناني لجميع من وافقوا على إجراء مقابلات من أجل هذا الكتاب:

- آرثـــر دبليو. آبتر، قسم الرياضيات، كلية باروخ من جامعة مدينة نيويورك، الولايات المتحدة.
- تران نغوك كا، معهد فيتنام الوطني لسياسات واستراتيجية العلوم والتكنولوجيا (NISTPASS)، فيتنام.
- فرانسيـــسكو شـــافيز - غارشـــيا، مركز أبحاث الزلازل، إيه. سي. تلالبان، المكسيك.
- بيتر ل. كولينـــز، مختبر الأمراض المعدية، المعهد الوطني للحساسية والأمراض المعدية التابع لمعاهد الصحة الوطنية، الولايات المتحدة.
- مايكل فيهلر، مركز أبحاث الزلازل، مختبر لوس آلاموس الوطنية، نيومكسيكو، الولايات المتحدة.
- ماركو فيروتشي، معهد فيزياء الفضاء والفيزياء الكونية، روما، إيطاليا.
- جويل ديفيد هامكينـــز، جامعة مدينة نيويورك، كلية جزية ستاتن، الولايات المتحدة.
- جـــون هاينـــز، المعهد الوطني لأبحاث الفضاء التابع لجامعة إيراموس (SRON)، هولندة.
- روبـــرت هوانـــغ، مركز تكنولوجيا المواد المدمجة متناهية الصغر، مختبر سانديا الوطني التابع لوزارة الطاقة الأمريكية، الولايات المتحدة.
- بيتر جونستون، قسم التقييم والرصد، المفوضية الأوروبية، بلجيكا.
- فرانك إ. كاراز، مركز كونتي لأبحاث البوليميرات التابع لقسم علوم وهندسة البوليميرات، جامعة ماساتشوستس (أمهرست)، الولايات المتحدة.

- هانـــز - ديتر كلينك، جامعة معهد ماربورغ لعلم الفيروسات، ألمانيا.
- أولا لاندســـتروم، كلية التكنولوجيا والعلوم الطبيعية، جامعة ميد - سويدن، السويد.
- كرزيـــسزتوف ماتيجاسزيوسكي، قسم الكيمياء، جامعة كارنيجي - ميلون، الولايات المتحدة.
- بيتر ندمير، مجلس أوغندة الوطني للعلوم والتكنولوجيا، أوغندة.
- أناند بيلاي، قسم الرياضيات، جامعة إلينوي في أوربانا - تشامبين، الولايات المتحدة.
- لويجي بيرو، معهد فيزياء الفضاء والفيزياء الكونية في روما، إيطاليا.
- إليـــنا روزكـــوفا، مركز المواد متناهية الصغر، مختبر أرغون الوطني، الولايات المتحدة.
- فولكر شونفيلدر، معهد ماكس بلانك للفيزياء اللاأرضية، ألمانيا.
- ســـاهارون شـــيلح، معهـــد الرياضـــيات، الجامعة العبرية في القدس، وقسم الرياضيات في جامعة روتجرز، نيوجرسي، الولايات المتحدة.
- س. ك. سينغ، معهد الهندسة، جامعة المكسيك الوطنية المستقلة، المكسيك.
- غيريت تن برينك، معهد زرنايك للمواد المتقدمة، جامعة غرونينغن، هولندة.
- وولفغانغ ويلك، معهد علوم التربة وخرائط الترب، جامعة بايرويت، ألمانيا.
- إيكـــارد ويمر، قسم الأحياء الدقيقة من كلية الطب، جامعة مدينة نيويورك في ستوني بروك، نيويورك، الولايات المتحدة.

الملاحظات

تمهيد

1 آن - ماري سلوتر، "شبكة الحكومات العالمية ووكالات المعلومات العالمية والتحليل التفريقي للديمقراطية"، ورقة العمل حول القانون العام (كلية الحقوق بجامعة هارفارد، 2001).

الفصل الأول

1 يقدم كريس فريمن مناقشة مهمة لسؤاله في "نظم الإبداع القارية والوطنية وفوق الوطنية - التكاملية والنمو الاقتصادي"، *سياسات الأبحاث* 31 (2002)، الصفحات 191-211.

2 يقدم ألبرت - لازلو تفسيراً لافنياً ممتازاً لنظرية الشبكة في كتابه: *تشبيكي: علم الشبكات الجديد* (جامعة كامبريدج: بيرسوس بوكس، 2002).

3 إيريك فون هيبل، "المعلومات الثابتة وموضع حل المشكلات: النتائج المترتبة على الابتكار"، في كتابه *الشركة الديناميكية: دور التكنولوجيا والاستراتيجية والتنظيم والمناطق*، تحرير إ. تشاندلر، بي. هاغستروم وأو. سولفيل (مطبعة جامعة أوكسفورد)، الصفحات 60-77.

4 في عام 1994، أشار كتابان في سياسات العلوم والتكنولوجيا إلى ازدياد عمل الفرق والأبحاث التكاملية. يقول مايكل غيبون وغيهر في كتاب *الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة* (لندن: منشورات سيج، 1994) إلى أن شكلاً جديداً من إنتاج المعرفة، التي وصفوها بالنمط الثاني، بدأ يظهر في القرن العشرين. ويمثل النمط الثاني أسلوباً متعدد التخصصات ومدفوعاً بالسياق ويركز على المشكلات، ويشمل فرقاً متعددة التخصصات اجتمعت لوقت قصير للعمل على حل مشكلات محددة في العالم الواقعي. وقد رسم جون ريمان فرقاً مماثلاً بين العلوم الأكاديمية والعلوم ما بعد الأكاديمية في كتابه. *رابطة بروميثيوس: العلوم في حالة ديناميكية ثابتة* (مطبعة جامعة كامبريدج، 1994).

5 معنى ساكس بالإيطالية هو (Satellite per Astronomia X) التي ترجمت إلى الإنكليزية بعبارة (x-ray astronomy satellite) أي قمر صناعي فلكي خاص بالأشعة السينية. وسمي هذا القمر الصناعي "بيبوساكس" تكريماً لعالم الفلك الإيطالي جوزيبي "بيبو" أوتشياليني. للمزيد من المعلومات عن بيبوساكس، عد إلى الصفحة الرئيسة لبعثة بيبوساكس على الرابط التالي: (http://bepposax.gsfc.nasa.gov/bepposax/index.html).

6 للمزيد من المعلومات حول "إكسبلورر 11"، عد إلى الموقع الإلكتروني لوكالة ناسا: (http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/missions/explorer11.html)

7 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 27 أيار/مايو 2003.

8 وبعدها بسنة، عاد القمر الصناعي ليدخل الغلاف الجوي للأرض وسقط في المحيط الهادي.

9 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 6 حزيران/يونيو 2003.

10 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 6 حزيران/يونيو 2003.

11 الصفحة الرئيسة لبعثة بيبوساكس (http://bepposax.gsfc.nasa.gov/bepposax/index.html).

12 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 6 حزيران/يونيو 2003.

13 مقابلة شخصية في 30 حزيران/يونيو 1999.

14 منطقة الأبحاث الأوروبية هي منظومة من برامج للأبحاث العلمية تعمل على دمج الموارد العلمية للاتحاد الأوروبي. وقد ركزت المنطقة منذ إنشائها عام 2000 على التعاون متعدد الجنسيات في مجالات الأبحاث الطبية والبيئية والصناعية والاجتماعية - الاقتصادية، ويمكن ربط المنظومة بمكافئ الأبحاث والإبداع في السوق الأوروبية المشتركة للسلع والخدمات. وهي تهدف إلى زيادة التنافسية بين المؤسسات البحثية الأوروبية عبر جمعها معاً وتشجيعها على العمل بطريقة أكثر شمولية، على نحو مشابه لما هو موجود اليوم بين المؤسسات في أمريكا الشمالية واليابان. وتمثل زيادة التنقل بين العاملين في مجال المعرفة وتعميق التعاون متعدد الأطراف بين المؤسسات البحثية في الدول الأعضاء الأهداف الأساسية لمنطقة الأبحاث الأوروبية.

15 كارولين س. فاغنر وغيرها، *التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية؟* (MR-1357.0-WB). (سانتا مونيكا، كاليفورنيا: شركة RAND، 2001).

16 ذكر في ديريك دي سولا برايس، *العلوم ما بعد بابل* (مطبعة جامعة ييل، 1961)، الصفحة الثالثة.

17 ل. بيجيريو، "عمليات التنظيم الذاتي في بناء الشبكات الريادية: دراسة نظرية وتجريبية"، *إدارة الموارد البشرية 203* (2001)، الصفحات 209-230.

18 لويت ليديسدورف وأندريا شارنورست، قياس القاعدة المعرفية: برنامج دراسات الإبداع، تقرير إلى الوزارة الاتحادية للتعليم والبحث العلمي (برلين: أكاديمية براندنبورغ للعلوم، 2003).

الفصل الثاني

1 تعتمد دراسة الحالة هذه على المقابلات الهاتفية التي أجرتها المؤلفة والمعلومات المكتوبة المتبادلة مع ويلك في حزيران/يونيو وأيلول/سبتمبر2003 عندما كانت المؤلفة في جامعة أمستردام. اختير "ويلك" كموضوع لهذه الدراسة لأنه شارك في تأليف مقالات مع شركاء دوليين في عام 2000 أكثر من أي عالم آخر في علوم التربة، وفقاً لبيانات أخذت من معهد المعلومات العلمية.

2 من الشائع في الولايات المتحدة أن يطلق لقب "أستاذ" (Professor) على أي مدرس جامعي. لكن هذا اللقب في الجامعات الأوروبية يعطى لبضعة مدرسين فقط ممن أظهروا تميزاً في التدريس والأبحاث والإدارة.

3 علـى الرغم من أن ثلاث أكاديميات أنشئت في إيطاليا قد سبقت جمعية لندن الملكية، إلا أنها لم تـوجد باستمرار. فقد أنشئت أكاديمية (Accademia Secretorum Naturae) في نابولي عام 1560، وديل أكاديميا (Accademia del Cimento) في فلورنسا عام 1651، وأكاديمية لينتشي في روما من عام 1603 حتى عام 1630. كذلك وضع لويس الرابع عشر قراراً بتأسيس أكاديمية بـاريس في عـام 1666. ثم جاء تشارلز الثاني وأقر تأسيس جمعية لندن الملكية، وهي المجموعة الناشئة من الأكاديمية العالمية الخفية.

4 بحلـول عام 1830، ووفقاً لديريك دي سولا برايس، ظهر عدد كبير جداً من المجلات إلى حد تطلـب إيجـاد اختـراع جديد للتعامل مع المعرفة الجديدة: اضطر الباحثون إلى ابتكار "مجلة الخلاصات" (abstract journal) لتلخيص المجالات الفرعية من المعرفة. انظر ديريك دي سولا برايس، *العلم الصغير والعلم الكبير* (مطبعة جامعة كولومبيا، 1963).

5 لوحظت هذه العملية من الزيادة الهائلة في نشر المؤلفات العلمية عند عدة نقاط في تطور العلوم، وخاصـة من قبل ف. غالتون، *عبقرية الإرث* (لندن: ماكميلان، 1869)؛ وأ. لوتكا، "التوزيع التكـراري لإنتاجية العلوم"، *مجلة أكاديمية واشنطن للعلوم* العدد 16 (1926)؛ وبرايس، *العلم الصغير والعلم الكبير*.

6 إ. ن. دا سـي. أندريد، *تاريخ موجز للجمعية الملكية، 1660–1960* (لندن: الجمعية الملكية، 1960). كـتب أندريـد في منتصف القرن العشرين في إنكلترا: "عدت شريحة واسعة كتابات الفلاسـفة الكلاسيكيين العظماء المصدر الأول للحكمة، ومنها تدفقت كل المعارف. وكانت كـتابات أرسـطو بوجه خاص تتمتع بالنفوذ الأكبر على جميع القضايا الهندسية، مثل قوانين الميكانيك الأرضية وحركات السماوات وطبيعة الضوء واللون... والواقع أن السيد ويليام تمبل كان قد كتب لاحقاً في عام 1692 مقالته *حول التعلم القديم والحديث* ليبرهن أن الحكمة كلها لدى القدماء" (أندريد، *تاريخ موجز*، الصفحة السادسة).

7 أندريد، *تاريخ موجز*، الصفحة الرابعة.

8 أندريد، *تاريخ موجز*، الصفحة 25. لا يزال هذا التعبير يبين "التزامه الدائم بالدليل التجريبـي علـى أساس المعرفة بالعالم الطبيعي"، وفقاً للجمعية الملكية. وكان آي. ماسون قد ترجم هذه العـبارة كمـا يلـي: "عدم التقيد بالتزام سلطة الأستاذ"، في *الرسائل الرسمية* رقم I لهوريس، الـتي استـشهد بهـا في دوروثي ستيمسون، *العلماء والهواة: تاريخ الجمعية الملكية* (نيويورك: هـ. شومان، 1949).

9 ت. سـبرات، *تـاريخ الجمعـية الملكـية* (لـندن: أبجـل وكراون 1722، نسخة مصححة)، الصفحة 56.

10 دبليو. سي. دامبير، *تاريخ العلوم وعلاقتها بالفلسفة والدين* (مطبعة جامعة كامبريدج، 1929)، الصفحة 149.

11 دامبير، *تاريخ العلوم*، الصفحة 149.

12 بترفيلد، *جذور العلوم الحديثة: 1300–1700* (لندن: المطبعة الحرة، 1957).

13 ستيمسون، *العلماء والهواة*، الصفحة 86.

14 انظر الملاحظة 3.

15 سبرات، *تاريخ الجمعية الملكية*، الصفحة 61.

16 دوروثـي ستيمسون، *العلماء والهواة، تاريخ الجمعية الملكية* (نيويورك: مطبعة غرينوود، الطبعة الثانية، 1968).

17 رودولـف ستيتـشويه، "العلوم في نظام المجتمع العالمي"، *معلومات عن العلوم الاجتماعية* 35 (1996)، الصفحات 327-340.

18 دونالد ديب. بيفر ور. روزن، "دراسات في التعاون العلمي، الجزء الأول. الأصول التخصصية للتعاون في المؤلفات العلمية"، *مجلة سينتومتريكس رقم 1* (*Scientometrics*) (1978)، الصفحات 65-84.

19 المرجع السابق، الصفحة 66.

20 المرجع السابق، الصفحة 67.

21 قبل صدور النظام الأساسي للاحتكارات في عام 1623، لجأ ولي العهد على نحو متكرر وبهدف جمع المال إلى "بيع براءات الاختراع" التي كانت تمنح الاحتكارات بموجبها لبيع السلع أو الخدمات. وسعى البرلمان عبر هذا النظام الأساسي إلى الحد من هذه الممارسات.

22 جي. أ. شمبيتر، *التغيير والريادي (Change and the Entrepreneur)* (مطبعة جامعة هارفارد، 1949).

23 بيفر وروزن، "دراسات في التعاون العلمي".

24 برايس، *العلم الصغير والعلم الكبير*، الصفحتان 33 و34.

25 أخذت هذه الأرقام من دراسات قامت بها المؤلفة على الأجزاء من موازنة الولايات المتحدة المتصلة بالعلوم والتكنولوجيا.

26 منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، *لوحة نتائج العلوم والتكنولوجيا والصناعة لدى منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية 2005* (باريس: منشورات منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، 2005).

27 مجلس العلوم الوطني، *مؤشرات العلوم والهندسة 2006* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم [NSF]، 2006).

28 وضع هذا التقدير على أساس دراسة للمؤسسة الوطنية للعلوم جرى فيها تقدير حجم الإنفاق على الأبحاث والمخصص للبنية التحتية. يرد التقرير بمزيد من التفصيل في الفصل السادس من هذا الكتاب. مجلس العلوم الوطني، *البنية التحتية للعلوم والهندسة في القرن الحادي والعشرين: دور المؤسسة الوطنية للعلوم* (آرلينغتون، فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2003).

29 برايس، العلم الصغير والعلم الكبير، الصفحة 17.

30 فانيفار بوش، *العلوم، الحدود التي لا نهاية لها* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 1989)، موجود على الرابط: (www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm).

31 روبرت شموكلر، *الإبداع والنمو الاقتصادي* (مطبعة جامعة هارفارد، 1966)، الصفحة 177. أظهر شموكلر أنه يمكن عد العلوم والتكنولوجيا ذات نمو داخلي بالنسبة للنشاط الاقتصادي، مما مثل تحولاً مهماً عن الفكر الاقتصادي الكلاسيكي الجديد. ورغم أن آدم سميث وكارل ماركس لاحظا كلاهما أهمية العلوم والتكنولوجيا بالنسبة للنمو الاقتصادي، لكن علماء الاقتصاد الكلاسيكي الجديد اعتبروهما عاملين خارجيين. وفي عام 1956، وضع روبرت سولو نموذجاً

تحديدياً للنمو الكلاسيكي الجديد فوجد أن عوامل الأرض والقوى العاملة ورأس المال، يمكن أن تكون مسؤولة عن جزء واحد فقط من النمو الاقتصادي. وبدا أنه يمكن أن نعزو "الأجزاء المتبقية" إلى المعرفة الكامنة في التكنولوجيا. وحتى مع ذلك، فقد لاحظ آخرون أنه لا يوجد نموذج واضح حتى الآن قادر على تحديد العلاقات السببية بين العلوم والتكنولوجيا والنمو الاقتصادي.

32 شملت هذه الأنواع من المؤسسات في المجال العام تلك المؤسسات المخصصة لتمويل العلوم الأساسية، مثل المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة. وكانت لدى هيئات أخرى، برغم من كونها توجّه وفقاً للمهمات، موازنة كبيرة مخصصة للأبحاث والتطوير في العلوم الأساسية والتطبيقية. وتمثل وزارتا الدفاع والطاقة في الولايات المتحدة مثالين على هذه الهيئات.

33 أنشأت حكومات عدد من الأمم خدمات الإرشاد ومراكز محلية لتقديم الدعم الفني في الزراعة والهندسة.

34 لويت ليدسدورف وهنري إتزكويتز، "الحلزون الثلاثي من علاقات الجامعة والصناعة والحكومة: النمط الثاني وعولمة النظم الوطنية للإبداع" في *العلوم تحت الضغط* (آرثوس: المعهد الدنماركي للدراسات في الأبحاث وسياساتها، 2001).

35 بول بايروتش وموريس ليفي - ليبوير، *التناقضات في نمو العلوم منذ الثورة الصناعية* (نيويورك: مطبعة سانت مارتن، 1981).

36 البنك الدولي، *تقرير التنمية العالمية: تحدي التنمية* (مطبعة جامعة أوكسفورد، 1991).

37 ديفيد سميث وجي. سيلفان كاتز، الأساليب التعاونية في إجراء الأبحاث، صندوق (HEFCE)، استعراض السياسات البحثية والتمويل، التقرير النهائي (جامعة سوسكس، نيسان/أبريل 2000).

38 أوتا، *الشركات الدولية في مشروعات العلوم الكبيرة*، OTA-BP-ETI-150 (واشنطن: مكتب الطباعة لدى حكومة الولايات المتحدة، تموز/يوليو 1995).

39 انظر: كتاب بيتر غاليسون وبروس هيفلي، *العلم الكبير: نمو الأبحاث واسعة النطاق* (مطبعة جامعة ستانفورد، 1992)، وكيفين د. كنور - ستينا، *(Epistemic Cultures): كيف تُنتج العلوم المعرفة* (مطبعة جامعة هارفارد، 1999).

40 انظر الموقع (.www.gbif.org).

41 أوضحت هذه النقطة في عدد من المؤلفات، بما فيها مايكل غيبونز وغيره، *الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة* (لندن، سيج للنشر، 1994)، وجون زيمان، *(Prometheus Bound): العلوم في حالة ديناميكية ثابتة* (مطبعة جامعة كامبريدج، 1994).

42 نيكولاس فونورتاس، *التعاون في الأبحاث والتطوير* (بوسطن: كلوور، 1997).

43 استناداً إلى دراسة المؤلفة لموازنات الأبحاث والتطوير في البلدان المتقدمة علمياً.

44 يقدم برنامج علم الحدود البشرية (انظر /www.hfsp.org) منحاً بحثية لفرق من العلماء من بلدان مختلفة يرغبون في جمع خبراتهم لمعالجة مسائل ربما لا يستطيع أي مختبر أن يجد أجوبتها وحده. يتم التركيز على مشروعات التعاون في تأليف المؤلفات (novel collaborations) التي تجمع علماء من مختلف التخصصات (مثلاً من الكيمياء والفيزياء وعلوم الكمبيوتر والهندسة) للتركيز على مسائل في علوم الحياة. ويقدم التمويل بشكل رئيس من حكومة اليابان بدعم من

دول أخـــرى في مجموعة السبع الكبرى، إلى جانب أستراليا والهند وجمهورية كوريا وسويسرا ونيوزيلندة ودول مجموعة السبع الكبرى غير الأعضاء في الاتحاد الأوروبـــي، والممثلة بالمفوضية الأوروبية.

الفصل الثالث

1 روبـــرت أكسيلرود، *تعقد التعاون: نماذج التنافس والتعاون القائمة على الوكلاء* (مطبعة جامعة برينستون، 1997)، الصفحة الرابعة.

2 ك. بوياك، ور. كلافانـــز وك. بورنر، "رسم العمود الفقري للعلوم"، *(Scientometrics)* 64، رقم 3 (آب/أغسطس 2005)، الصفحات 351-374.

3 تعـــالج هـــذه الظاهرة في كثير من المقالات، انظر بوجه خاص ل. ليدسدورف، "تراجع العلوم متناهـــية الـــصغر والتكنولوجيا متناهية الصغر من حيث عدد المجلات وبراءات الاختراع: آخر تحديث"، *مجلة سينتومتريكس (Scientometrics)* (2009، تصدر قريباً).

4 انظر على سبيل المثال، كارولين س. فاغنر وآخرون، تقيـيم شبكات التعاون بين المشاركين في أبحاث علـــوم المعلـــومات والتكنولوجيا (IST) وتطورها إلى مشروعات تعاون في منطقة الأبحاث الأوروبية (ERA)، الدراسة 254- المجموعة الأوروبية (لايدن، هولندة: مؤسسة لاند أوروبا، 2005).

5 ســـي. لي جيلـــز، وإســـحق ج. كونـــسيل وجي. ن. غراي، "من يحظى بالاعتراف؟ قياس الإســـهامات العلمية عبر فهرسة الاعتراف التلقائية"، *وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم* 101، رقم 51 (2004)، الصفحات 17599-604.

6 لا يـــبدو أن كـــل طـــرف فاعلاً يجب أن يعطي ويأخذ بقدر متساو، فبعضهم قد يعطي أكثر وبعضهم الآخر قد يأخذ أكثر. يبدو أن السؤال هو حول ما إذا كانت الشبكة ككل توازن بين صلات الأخذ والعطاء.

7 تكون القدرات التكاملية مزيفة عندما يتعاون باحثون من مجالين مختلفين لتحسين نتائج الأبحاث. لكن المجالين يحافظان على سلامة حدودهما بشكل لا يسمح للبحث التعاوني أن يسهم في تحديد مجـــال جديـــد. وعندما يجتمع الباحثون من مجالين لإيجاد مجال جديد للدراسة، يقال عندها إن البحث "تكاملي".

8 فرانسيس فوكوياما، *الثقة: الفضائل الاجتماعية وتحقيق الازدهار* (نيويورك: المطبعة الحرة، 1995).

9 فوكوياما، *الثقة*، الصفحة 26.

10 كان العالم في مجال السياسات روبرت د. بوتنام مسؤولاً إلى حد كبير عن تجديد الاهتمام برأس المـــال الاجتماعي الذي بدأ في منتصف التسعينيات من القرن الماضي. انظر روبرت، د. بوتنام وروبـــرت ليوناردي ورافائلا واي. نانيتي، *إنجاح الديمقراطية (Making Democracy Work): تقالـــيد المـــدن في إيطالية الحديثة* (مطبعة جامعة برينستون، 1994) وروبرت د. بوتنام، *لعب البولينغ وحيداً: انهيار المجتمع الأمريكي وإحياؤه* (نيويورك: سايمون آند شوستر، 2000).

11 عـــدد جـــيمس كولمن فوائد رأس المال الاجتماعي، "رأس المال الاجتماعي في إنتاج رأس المال البـــشري"، المجلة الأمريكية للتكنولوجيا 94 (دراسة إضافية: المنظمات والمؤسسات: الأساليب الاجتماعية والاقتصادية في تحليل الهيكلية الاجتماعية، 1988)، الصفحات (s95-s120).

12 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 17 أيلول/سبتمبر 2003.

13 توماس كوهن، هيكلية *الثورات العلمية* (مطبعة جامعة شيكاغو، 1962).

14 احتمال تكون أي عقدة *k* مرتبطة بأي عقدة أخرى يتناسب مع القيمة ***1/kn***. ووفقاً لألبرت - لازلو باراباتشي وإيريك بونابو، فإن قيمة *n* تميل لتقع بين 2 و3. باراباتشي وبونابو، "الشبكات ذات المقياس الحر"، *سينتيفيك أمريكان* 288، رقم 5 (أيار/مايو 2003)، الصفحات 60-69.

15 المرجع السابق.

16 وفقــاً لمــارك نيومن، "قانون القوة هو توقيع تجريبــي مميز لوحظ في مجموعة واسعة من النظم المعقدة، وهو يتوافق في علم الاقتصاد مع تعبير "التوزع ثقيل الذيل" (fat tails)، ويشار إليه في الفيــزياء بالتقلــبات الحادة، ويسمى في علوم الكمبيوتر وعلم الأحياء حافة الفوضى، وفي علم الديمغــرافية واللسانيات قانون زيف". ويشير نيومن إلى احتمالية أن العديد من المزايا الأخرى لكــثير من النظم المعقدة بما فيها الصمود أمام الاضطرابات والحساسية للأخطاء الإنشائية، ربما كــان نتــيجة لتصميم النظم أو تطورها وصولاً إلى السلوك الأمثل". م. إ. جي. نيومن، "قوة التصميم"، *الطبيعة* 405 (25 أيار/مايو 2000)، الصفحات 412-13. انظر أيضاً الملاحظة 22.

17 باراباتشي وبونابو، "الشبكات ذات المقياس الحر".

18 ألبرت لازلو باراباسي وريكا ألبرت، "نشوء التدريج في الشبكات العشوائية" (Emergence of Scaling in Random Networks)، *مجلــة العلوم* 286 (تشرين الأول/أكتوبر 1999)، الصفحات 509-15.

19 ميكايلــيس فالوتــسوس وبيتــر فالوتسوس وكريستوس فالوتسوس، "حول علاقات القوة في تكنولوجــيا الإنترنت"، في نتائج مؤتمر جمعية الآلات المحوسبة (SIGCOMM) الــ 99 حول التطبيقات والتكنولوجيات والبنى الهندسية والبروتوكولات الخاصة بالاتصال عبر الحاسبات، 30 آب/أغــسطس - 3 أيلول/سبتمبر 1999 (كامبريدج، ماساتشوستس: جمعية الآلات المحوسبة، 1999 [ACM]، الصفحات 252-262.

20 هيربرت سايمن، "في فئة من وظائف التوزيع المختلة"، "*بيومتريكا* 42 (1955)، الصفحات 425-440".

21 لــوتكا، "الــتوزيع التكــراري للإنتاجية العلمية". *مجلة أكاديمية واشنطن للعلوم* 16 (1926)، الصفحة 317.

22 أجــريت دراسات أخرى مبكرة على توزيعات قانون القوة من قبل سايمون، "في فئة من دول الــتوزع المنتحــي"، وبتطبيق قانون زيف المعروض في ج. ك. زيف، *السلوك البشري ومبدأ العمــل بأقل جهد (Human Behavior and the Principle of Least Effort)*. (نيويورك: هافنر، 1949).

23 مــارك نــيومن، "مــن هــو العالم ذو الاتصالات الأفضل؟ دراسة لشبكات التعاون في وضع المؤلفات"، *دراسة علوم الفيزياء (Physics Review E* 64 016132) (2001)، 7 صفحات.

24 باراباسي وبونابو، "الشبكات ذات المقياس الحر".

25 باراباسي وألبرت، "نشوء التدريج في الشبكات العشوائية". يسمي ديريك دي سولا برايس هذه العمنــية "الــسمة التراكمية" في *العلم الصغير والعلم الكبير*، (مطبعة جامعة كولومبيا، 1963)، الــصفحة 43. استخدم عالم الاجتماع روبرت ميرتون مصطلح *أثر ماثيو (Matthew effect)*،

مذكـراً بما ورد في إنجيل متى من أن الغني يزداد غنى، للإشارة إلى الظاهرة ذات الصلة التي يميل فيها المؤلفون المعروفون لينالوا التقدير أكثر من المؤلفين الذين شاركوهم في العمل. ميرتون، "أثر ماثيو في العلوم"، *مجلة العلوم* 159، رقم 3810 (1968)، الصفحات 56-63.

26 في دراسة لتطوير الشبكات، أظهرت عدة مجموعات بحثية أن العقد التي تتمتع بعدد كبير من الروابط تزيد من تواصلها على نحو أسرع من نظيراتها ذوات الروابط الأقل. انظر باراباسي وآخرون، "تطور الشبكات الاجتماعية لمشروعات التعاون العلمي"، *مجلة فيزيكا أ: علم الميكانيك الإحصائي وتطبيقاته* 311، العددان 3 و4 (15 آب/أغسطس 2002).

27 مارك غرانوفيتر، "قوة الروابط الضعيفة"، *المجلة الأمريكية للتكنولوجيا* 78، العدد 6 (أيار/مايو 1973)، الصفحات 1360-80، و"قوة الروابط الضعيفة: عودة لزيارة نظرية الشبكات"، *النظرية السيكولوجية* 1 (1983)، الصفحات 201-33.

28 بيتر سيرملي، الروابط الضعيفة: عوامل تثبيت النظم المعقدة من المواد الحية إلى الشبكات الاجتماعية (برلين: شبرينغر، 2006).

29 غرانوفيتر، "قوة الروابط الضعيفة".

30 مقابلة شخصية مع المؤلفة، 20 تشرين الثاني/نوفمبر 2007.

31 أسهم ستانلي ميلغرام بنشر هذا المصطلح في سلسلة من التجارب التي أجريت لفحص طول المسار الوسطي ضمن الشبكات الاجتماعية في الولايات المتحدة. وأظهر بحثه التحديدي أن المجتمع البشري نوع من الشبكات أشبه بعالم صغير يتسم بأطوال مسارات أقصر من المتوقع. وغالباً ما تترافق التجارب مع مصطلح *ست درجات من التباعد*، برغم من أن ميلغرام لم يستخدم هذا المصطلح بنفسه، "مشكلة العالم الصغير"، *مجلة سيكولوجيا تودي* 1 (أيار/مايو 1967)، الصفحات 60-67.

32 انتشر المصطلح بفضل لعبة جون غوير "ست درجات من التباعد"، التي تم تحويلها في ما بعد إلى فيلم سينمائي.

33 غريغ فاس وبريان تيرتل ومايك غينيلي، *ست درجات من كيفين بيكون* (*Six Degrees of Kevin Bacon*) (نيويورك: بلوم، 1996).

34 تعرف العوالم الصغيرة بأنها الشبكات التي تكون فيها درجة التجمع المحلي مرتفعة وتكون أطوال المسارات العالمية عبر الشبكة صغيرة. وقد وجد دنكن واتس وستيفين شتروغاز أنه من الممكن الحصول على العوالم الصغيرة بإضافة حتى بضعة روابط إضافية إلى شبكة ذات نظام. واتس وشتروغاز، "الديناميات الجماعية لشبكات 'العوالم الصغيرة'"، *مجلة الطبيعة* العدد 393 (1998)، الصفحات 440-42.

35 نيومن، "من هو العالم ذو الاتصالات الأفضل؟".

36 ترتبط الوفرة أيضاً بالكثافة، ويحسب قياس الشبكة بتقسيم العدد الكلي للروابط ضمن الشبكة على عدد الروابط المحتملة. تتميز الشبكات الكثيفة بتوافر كثير من فرص التبادل وكثير من المسارات المحتملة من أي عقدة إلى أي عقدة أخرى في الشبكة. بينما تقل فرص تحرك المعلومات بين العقد في الشبكات المفرقة أو ذات التجمعات المحكمة.

37 جـين بياجـيت، "جون أموس كومينيوس (1592-1670)"، *بروسبكتس* (اليونسكو، المكتب الدولي للتعليم) الجزء الثالث والعشرون، رقم ½ (1993)، الصفحات 173-96. انظر الرابط: (www.ibe.unesco.org/publications/ThinkersPdf/comeniuse.PDF).

38 *دراسـات هارتلـيب*، الطـبعة الثانية، محفوظة في مكتب جامعة شيفيلد، متوافرة على الرابط: (www.shef.ac.uk/library/special/hartlib.html).

39 كانـت الوثـيقة الأصلية لكومينيوس تحمل عنوان (*Pansophiae Prodromus*). ثم أصبحت بعنوان (*Conatum Comenianorum Praeludia*) عندما نشرتها جامعة أوكسفورد.

40 اعـتقد كومينـيوس أن الدعـوة إلى إنكلترا جاءت من البرلمان، لكنها لم تكن كذلك، وفقاً لدوروثـي ستيمون، "كومينيوس والكلية الخفية"، *إيسيس* 23، رقم 2 (أيلول/سبتمبر 1935)، الصفحات 373-88.

41 د. سـتيمون، *العلماء والهواة، تاريخ الجمعية الملكية*. (نيويورك:مطبعة غرينوود، الطبعة الثانية، 1968).

42 لم يـرد هذا الجزء من التاريخ - أي دور كومينيوس في اقتراح تكوين كلية خفية ودور الرعايا الألمـان في تنظـيم اللقاءات الأولى بين أعضاء الجمعية الملكية - على نحو متكرر في الروايات التاريخية الرسمية للجمعية الملكية، مثل *تاريخ موجز عن الجمعية الملكية 1660-1960* لـ "إ. ن. دا سـي. أندرديـد" (لـندن: الجمعية الملكية، 1960). ويؤدي المفكرون البريطانيون في هذه الـروايات التاريخـية دوراً أكثـر بروزاً، بل دوراً وحيداً في بعض الأحيان، في إرساء الدعائم الأساسـية للعلوم. يسرد ستيمون تفاصيل العمليات التي أدت إلى لقاء هؤلاء الأفراد في "*العلماء والهـواة*" و"كومينـيوس والكلية الخفية". أما في ما يتصل بالأشخاص الذي أطلقوا فكرة هذه الكلـية الخفـية، فيعتقد أن كومينيوس قد عرضها في اجتماع أثناء إقامته في إنكلترا بين عامي 1641 و1642، لكن بويل كان أول من استخدم الفكرة على الورق في رسالة إلى معلمه في عام 1945.

43 د. هاركنس، "دخول المتاهة: تقصي الثقافة العلمية في بدايات إنكلترا الحديثة"، *مجلة الدراسات البريطانية* 37، رقم 4 (تشرين الأول/أكتوبر 1998)، الصفحات 446-50.

44 كوهن، هيكيلة الثورات العلمية.

45 المرجع السابق.

46 المرجع السابق.

47 مقابلـة هاتفـية بـين سوزان أ. مورمن من مختبر بروكهافن الوطني وبوب هوانغ، 18 تشرين الثاني/نوفمبر 2005.

48 لا تنـشأ الأفكار الجديدة بطريقة عشوائية. فالاستثمارات السابقة وموقع المختبرات وتعقيدها وتطـورها وأفكار الموهوبين تسهم جميعها في ما يسميه واضعو نظرية الشبكات "الاعتماد على المسار" (path dependency) - أثر الظروف السابقة على الإمكانيات المستقبلية.

الفصل الرابع

1 هــ. هــ. هس، "تاريخ الأحواض المحيطية"، في *دراسات في علم الصخور: مجلد لتكريم أ. ف. بادينغــتون*، تحريـــر أ. إ. جي. إنجل وهــ. ول. جيمس وب. ف. ليونارد (نيويورك: المجتمع الجيولوجـــي في أمريكا، 1962)، الصفحات 599-620 ور. س. دايتز، "القارة وتطور الحوض المحيطـــي عبر تمدد قاع البحر"، *مجلة الطبيعة* 190 (1961)، الصفحات 854-57. ليس من غير الـــشائع في العلوم أن تقترح نظرية تجديدية من قبل شخصين كل على حدة، ويبدو أن ذلك قد حدث في نظريات تتصل بالحساب والانتقاء الطبيعي والحلزون المضاعف.

2 هـــــ. ساتو وم. فيهلر، *انتشار الأمواج الزلزالية وتشتتها في الأرض متغايرة الخواص* (واشنطن: مطبعة المعهد الأمريكي للفيزياء، 1998).

3 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 18 تشرين الأول/أكتوبر 2005.

4 ســـي. س. فاغنر ول. ليدسدورف، "قياس عولمة شبكات المعرفة"، في *ملتقى بلو سكاي الثاني 2006، أحـــداث مؤتمـــر منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD)* (2006). انظر الرابط: (www.oecd.org/document/24/0,3343,en_2649_201185_37075032111 1,00.html).

5 ســـي. س. فاغنـــر ول. ليدسدورف، "علم الزلازل كحالة لدراسة التعاون الموزع في العلوم"، *سينتومتريكس* 58، رقم 1 (2003)، الصفحات 91-114.

6 ســـي. س. فاغنـــر ول. ليدسدورف، "رسم خرائط العلوم العالمية باستخدام التعاون الدولي في وضع المؤلفات: مقارنة بين عامي 1990 و2000"، المجلة الدولية للتكنولوجيا والعولمة 3 (2005)، الصفحات 185-92.

7 أو. بيرســـون وآخرون، "القيم البيليومترية التضخمية: دور التعاون العلمي والحاجة إلى مؤشرات نسبية في الدراسات التقييمية"، *سينتومتريكس* 60، رقم 3 (آب/أغسطس 2004)، الصفحات 421-32.

8 دبلـــيو. غلانـــــزل وآخرون، "تحليل بيبليومتري للتعاون العلمي الدولي في الاتحاد الأوروبـــي (1985- 1995)"، *سينتومتريكس* 45، رقم 2، (1999)، وف. نارين، "عولمة الأبحاث والمعلومات الناتجة عن العلماء وبراءات الاختراع - اتجاهات السنوات العشر" في (*Proceedings of the North American Serials Interest Group (NASIF)* *المؤتمر الـــسنوي السادس، ذا سيريالز لايبريان (The Serials Librarian)* 21 (1991)، الصفحات 2-3.

9 مـــن المهم الانتباه إلى أن هذه القياسات لا تظهر فقط الاتصالات الرسمية. لنتذكر أن هناك إلى جانـــب الاتصالات الرسمية قدراً كبيراً من التفاعل الذي يحدث بدرجة أكبر من اللارسمية، وهو ما يوحي بأن شبكة العلوم أكثف حتى مما تبين الأشكال المستندة إلى بيانات النشر.

10 يمكـــن اعتبار هذه المجالات فروعاً من مجالات أكبر. فالمنطق الرياضي فرع من الرياضيات وعلم الفيروسات فرع من علم الأحياء و"البوليميرات" فرع من الكيمياء وعلم التربة فرع من الهندسة الزراعية وهكذا. يتميز مستوى المجال الفرعي بأنه أكثر تحديداً بكثير ويمكن تحليله بدقة أكبر من دقة تحليل البيانات التي تتم معالجتها على مستوى الفرع الرئيس.

11 وجـــدنا أنا ولويت ليدسدورف أن المعدل العالمي لنمو التعاون الدولي في العلوم بلغ 15.6 بالمئة بين عامي 1990 و2000، كما ذكر في "رسم خرائط العلوم العالمية".

12 لأن علــم الــزلازل لم يكن موجوداً كفرع مستقل في عام 1990، فقد عالجته مع الجيوفيزياء كمجال علمي واحد لغايات تتصل بهذا الفصل. لكن دراسة منفصلة تبين أن علم الزلازل نشأ مــن ضــمن الجيوفيــزياء أثناء مدة الدراسة. انظر فاغنر وليدسدورف، "علم الزلازل كحالة للدراسة".

13 يرد هذا البحث في عدة دراسات منشورة: فاغنر وليدسدورف، "هيكلية الشبكة والتنظيم الذاتي والتعاون الدولي في العلوم"، *سياسات الأبحاث* 34، رقم 10 (2005)، الصفحات 1608-18؛ وفاغنر، "ست حالات لدراسة التعاون الدولي في العلوم"، *سينتومتريكس* 62، رقم 1 (2005)، الصفحات 3-26؛ وفاغنر وليدسدورف، "رسم خرائط العلوم العالمية"؛ وفاغنر وليدسدورف، "علم الزلازل كحالة للدراسة".

14 م. غيبونــز وآخرون، الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة (لندن: سيج، 1994).

15 ر. ك. ميرتون، *النظرية الاجتماعية والهيكلية الاجتماعية* (مطبعة جامعة كولومبيا، 1957)، ور. وايتلي، *التنظيم الفكري والاجتماعي للعلوم* (مطبعة جامعة أوكسفورد، 1984).

16 جــون هــولاند، *النظام المخفي: كيف يبني التكيف التعقيد* (ريدينغ، ماساتشوستس: هيكليس بوكس، 1995).

17 جون هولاند، *النشوء: من الفوضى إلى النظام* (نيويورك: أديسون - ويسلي، 1998).

18 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 18 آذار/مارس 2003.

19 المرجع السابق.

20 ف. ساغاستي، *تحدي سيزيف (The Sisyphus Challenge): المعرفة والإبداع والحالة البشرية في القرن الحادي والعشرين* (ليما، البيرو: فورو ناسيونال، 2003).

21 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 9 كانون الأول/ديسمبر 2007.

22 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 21 تشرين الثاني/نوفمبر 2002.

23 بـــي. هــوفمن، *الرجل الذي عشق الأرقام وحدها: قصة بول إيردوس والبحث عن الحقيقة الرياضية* (نيويورك: هايبرتون، 1998).

24 ألهمــت إنتاجــية إيردوس بعض زملائه لمحاولة تصنيف جميع علماء الرياضيات وفقاً لقربهم من إيــردوس، فاعتبر من تعاون مع إيردوس على تأليف مقالة بأنه يحمل رقم إيردوس الأول، ومن وضع مقالة بالتعاون مع مؤلف وضع مقالة مشتركة مع إيردوس بأنه يحمل رقم إيردوس الثاني، وهكذا. وقد حدد مشروع أرقام إيردوس حتى اليوم 268000 شخصاً يحملون رقماً منتهياً من أرقــام إيردوس (يعد أن الأفراد الذين لا يمكن ربطهم بإيردوس بأنهم يحملون رقماً غير منته من أرقــام إيردوس). أكبر رقم سجل بين أرقام إيردوس هو الرقم 13، بقيمة وسطية تبلغ 4.65، وهــو ما يشير إلى أن الشخص الوسطي ضمن هذه الشبكة يبعد مسافة أقل من 5 خطوات عن إيردوس؛ وهو تفسير آخر لظاهرة العالم الصغير. يوفر مشروع أرقام إيردوس هذه البيانات على الرابط: (www.oakland.edu/enp/trivia.html).

25 ج. لــوديل، "الــتعاون والإبداع والجوائز: لماذا يتعاون العلماء وكيف يتعاونون"، *المجلة الدولية لإدارة التكنولوجيا* 22 (2001)، الصفحات 762-81.

26 أ. ساكسنيان، *السمة الإقليمية: الثقافة والتنافس في وادي السيليكون والطريق 128* (مطبعة جامعة هارفارد، 1996).

27 مجلس العلوم الوطني، *مؤشرات العلوم والهندسة 2000* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2001).

28 سي. س. فاغنر وآخرون، *التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية*، الدراسة -1357- (WB) (سانتا مونيكا، كاليفورنيا، مؤسسة راند، 2001).

29 ساكسنيان، *السمة الإقليمية*.

30 مجلس العلوم الوطني، *مؤشرات العلوم والهندسة 2002* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2003).

31 منظمة اليونسكو، *الاستيعاب في التعليم العالمي، 2006: مقارنة بين إحصائيات التعليم عبر العالم* (كيبك، معهد اليونسكو للإحصاء، 2006).

32 ر. بانداري، "معهد أطلس لمشروعات التعليم الدولية"، قدم في مؤتمر سيجما Xi حول العلوم والتكنولوجيا ومستقبل القوى العاملة، العاصمة واشنطن، 20 أيلول/سبتمبر 2006.

الفصل الخامس

1 ثمة كثير من المؤلفات التي كتبت عن التنمية الاقتصادية الإقليمية وعلاقتها بالعلوم والتكنولوجيا. وتبقى مسألة العلاقة بينهما نقطة جدال مستمر في دراسات العلوم والتكنولوجيا. ومن أكثرها إثارة للاهتمام دراسة م. زيت وآخرون، "الآثار غير المباشرة المحتملة للعلوم والتكنولوجيا في المناطق: نظرة متعمقة في الموقع الجغرافي المشترك بين النشاطات المعرفية في الاتحاد الأوروبي"، *سينتومتريكس* 57 (2003)، الصفحات 295-320. تبين هذه المقالة وجود علاقة غير متكافئة بين كثافة العلوم والتكنولوجيا في المناطق وحدوث النمو الاقتصادي. ويعالج ناثان بوزنبرغ هذا الموضوع في مناقشة (exogeneity) العلوم في *داخل الصندوق الأسود: التكنولوجيا والاقتصاديات* (مطبعة جامعة كامبريدج، 1982). انظر أيضاً آنا لي ساكسنيان، *السمة الإقليمية: الثقافة والتنافس في وادي السيليكون والطريق 128* (مطبعة جامعة هارفارد، 1994).

2 م. ر. بينتو وآخرون، (-Light-Emitting Copolymers of Cyano-Containing PPV Based Chromophores and a Flexible Spacer)، *بوليمير* 41، رقم 7 (آذار/مارس 2000)، الصفحات 2603-11.

3 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 10 تموز/يوليو 2003.

4 مجلس العلوم الوطني، *مؤشرات العلوم والهندسة 2008* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2008).

5 المرجع السابق.

6 دبليو. بريان آرثر، *زيادة العوائد والاعتماد على المسار في الاقتصاد* (مطبعة جامعة ميشيغان، 1994).

7 من الدراسات التي تركت أثراً كبيراً على تفكيري الدراسةُ التي وضعها سي. فريمن، "نظم الإبداع القارية وفوق القارية والوطنية – التكاملية والنمو الاقتصادي"، *سياسات الأبحاث* 31 (2002)، الصفحات 191-211. انظر أيضاً جي. موكير، *مواهب أثينا* (مطبعة جامعة برينستون، 2002).

8 للحصول على معلومات عامة حول هذا المؤلّف، انظر طبعات غوردن ل. كلارك وميريك س. غيرتلر وماريان بي. فيلدمن، *دليل أوكسفورد للجغرافيا الاقتصادية* (مطبعة جامعة أوكسفورد، 2003).

9 أصبح استخدام المصادر عبر الإنترنت مثل التصميم والاختبار بالأبعاد الحقيقية ينمو إلى ممارسة يسميها البعض "العلوم الإلكترونية" (eScience). ولدى معهد العلوم الإلكترونية مصادر حول هذا الموضوع على الرابط التالي: (www.nesc.ac.uk/esi/).

10 لمزيد من المعلومات عن هذا المشروع، انظر (setiathome.berkeley.edu).

11 أ. فيريرا وسي. مافرويديس، "الواقع الافتراضي و" (Virtual Reality and Haptics for Nanorobotics)، *مجلة علم الروبوتات والأتمتة* (IEEE) (أيلول/سبتمبر 2006)، الصفحات 78-83.

12 جي. ميندلر ود. سايمون وبي. بروم، "التنمية الافتراضية والجغرافيات الافتراضية: استخدام الإنترنت في إعطاء دروس تفاعلية عن بعد في جنوب العالم"، *مجلة جغرافية التعليم العالي* 26، رقم 3 (1 تشرين الثاني/نوفمبر 2002)، الصفحات 313-25.

13 وجدت في المقابلات الكثيرة التي أجريتها مع علماء كانوا يعملون على المستوى الدولي عن المشروعات البحثية الموزعة والمنسقة أن الغالبية العظمى من هذه المشروعات بدأت بلقاء شخصي وجهاً لوجه أو في مرحلة متقدمة منها.

14 جون راؤولز، *نظرية العدالة* (كامبريدج: مطبعة بلكناب، 1971)، الصفحة 17.

15 راؤولز، *نظرية العدالة*، الصفحة 150.

16 فرانسيس فوكوياما، *الثقة: الفضائل الاجتماعية وتحقيق الازدهار* (نيويورك: المطبعة الحرة، 1995).

17 مقابلة شخصية مع المؤلفة، كامبالا، أوغندة، 5 تموز/يوليو 2007.

18 جودي واكونغو، "المشاركة العامة في صنع القرارات المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا: تجارب من أفريقيا"، 2004؛ انظر الرابط: (practicalaction.org/?id=publicgood_wakhungu).

19 مقابلة شخصية مع المؤلفة، كامبالا، أوغندة، 5 تموز/يوليو 2007.

الفصل السادس

1 يستشهد سي. فريمن، "نظم الإبداع القارية وفوق القارية والوطنية - التكاملية والنمو الاقتصادي" *سياسات الأبحاث* 31 (2002) *بتقرير التنمية العالمية* لعام 1991 الذي يظهر تفاوتاً متزايداً في النمو بين مختلف أجزاء العالم. يصدر تقرير التنمية العالمية كل عام عن البنك الدولي؛ يمكن إيجاد أحدث هذه التقارير على الرابط التالي: (http://econ.worldbank.org/wdr/).

2 جيفري ساتش، *نهاية الفقر* (نيويورك: مطبعة بينغوين، 2004)، الصفحة 70.

3 انظر الموقع الإلكتروني: (www.naro.go.ug).

4 ورشة عمل غير رسمية، مختبر لوس ألاموس الوطني، نيو مكسيكو، ربيع 2006.

5 كما ورد في ستيفين إنوود، *العبقري المنسي: سيرة حياة روبرت هوك 1635-1703* (لندن: ماك آدم/كيج، 2005).

6 أنجز هذا العمل بالتعاون مع إدوين هورلينغز من معهد راثيناو (لاهاي، هولندة) وأريندام دوتا من مؤسسة راند (سانتا مونيكا، ولاية كاليفورنيا)، وهو تحديث لمؤشر مؤسسة راند لقدرات

العلـــوم والتكنولوجـــيا 2000 (سي. س. فاغنر وآخرون، *التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية*، الدراسة 1357- WB [مؤســـسة راند، 2001]).

7 المرجع السابق.

8 بـــوش، *العلوم، الحدود التي لا نهاية لها*، تقرير إلى الرئيس من إعداد فانيفار بوش، مدير مكتب التطويـــر والأبحاث العلمية، تموز/يوليو 1945 (واشنطن: مكتب الطباعة لدى حكومة الولايات المتحدة، 1945).

9 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 23 شباط/فبراير 2007.

10 وفقـــاً لمنظمة اليونسكو، زاد معدل الالتحاق في شبكة التعليم الأساسية من 86 بالمئة عام 1990 إلى 91 بالمـــئة عام 2003، وهبط معدل التسرب من 12 بالمئة إلى نحو 3 بالمئة، وانخفض معدل الإعـــادة من 9 بالمئة إلى أقل من 5 بالمئة، وزاد معدل إكمال الدراسة من 47 بالمئة إلى أكثر من 75 بالمـــئة. لكـــن عمل "كا" اعتمد أساساً للمقارنة مسحاً حديثاً أجري على المدارس الوطنية يـــشير إلى أن مستوى التقدم الذي تحقق كان أقل. إضافة لذلك، فقد عملت فيتنام أيضاً على توسيع فرص التعليم الثانوي على نحو كبير، فزاد معدل الانتقال من التعليم الأساسي إلى التعليم الإعـــدادي من 78 بالمئة إلى 88 بالمئة، مما سمح لغالبية الشباب الفيتناميين بنيل فرصة لدراسة 9 ســـنوات من التعليم الأساسي، وكانت حصة قطاع التعليم من إجمالي الإنفاق العام 17 بالمئة في عام 2003.

11 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 23 شباط/فبراير 2007.

12 عقد المؤتمر الدولي السابع عن التحدب العام/(Monotonicity) في هانوي في آب/أغسطس 2002.

13 ت. كـــواهارا، "نـــشاطات توقـــع التكنولوجيا في اليابان - نظرة استرجاعية لـــ 30 سنة من دراســـات الخـــبراء في دلهـــي"، *التوقعات التكنولوجية والتغيير الاجتماعي* 60، رقم 1 (كانون الثاني/يناير 1999)، الصفحات 5-14 (10)، إلسيفيير.

14 البنك الدولي، *مؤشرات التنمية العالمية 2002* (واشنطن، البنك الدولي، 2002).

15 مجلـــس العلوم الوطني، *البنية التحتية للعلوم والهندسة في القرن الحادي والعشرين: دور المؤسسة الوطنية للعلوم* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2003).

16 المرجع السابق.

17 المرجع السابق.

18 المرجع السابق.

19 المرجع السابق.

20 ثمـــة اســـتثناء جزئي لهذه القاعدة وهو نسبة الإنفاق على الأبحاث والتطوير التي تخصص عادة لتغطية التكاليف العامة، وتشمل صيانة المعدات والمباني الرأسمالية، معرَّفة ككلفة التشغيل، ولكن ليس إنشاء مرافق جديدة.

21 هـــذا صـــحيح عبر كامل القاعدة الصناعية للاقتصاد، وليس فقط من أجل القطاعات المتصلة بالعلوم، لكن هذا النقاش يركز على أجزاء من هذه الوظائف المتصلة بالعلوم.

22 انظـــر الموقـــع الإلكتـــروني لمختبر الفيزياء، قسم الفيزياء الكوانتية في المعهد الوطني للمقاييس والتكنولوجيا (physics.nist.gov/Divisions/Div848/div848.html).

23 وفقاً لمنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية، بلغت موازنة العام 2002 لمركز المعايير الصناعية الياباني حول السلامة والقياس نحو 110.3 مليون دولار. وينفق الاتحاد الأوروبي أكثر من 83 مليار يورو سنوياً على القياس وتوحيد المقاييس، أي ما يمثل نحو 1 بالمئة من الناتج المحلي الخام للاتحاد الأوروبي، وهذا يولد فائدة قدرت بـ 3 يورو عن كل 1 يورو ينفق على نشاطات القياس، وتنفق الولايات المتحدة مبلغاً مساوياً. ويتحمل قطاع الصناعة في البلدان المتقدمة جزءاً كبيراً من التكاليف والرسوم المرافقة لتوحيد المعايير وعلم القياس. انظر ج. ويليامز، *تقييم الدور الاقتصادي للقياسات والاختبار في المجتمع الحديث* (أوكسفورد: المفوضية الأوروبية، 2002).

24 سي. س. فاغنر وم. ريد، *دعائم التقدم، البنية التحتية للعلوم* (فيينا: منظمة اليونسكو، 2004).

25 تلقت مراكز كوسيتسوشي الهندسية نحو 500 مليون دولار (400000 دولار لكل 100000 نسمة) بتمويل تراكمي للسنة المالية 1988 وفقاً للمواقع الإلكترونية للحكومة اليابانية.

26 بلغت موازنة مراكز نقل التكنولوجيا في ألمانيا نحو 95 مليون دولار (116000 دولار لكل 100000 نسمة) في عام 1995.

27 سي. س. فاغنر وأ يزريل، *العلوم العالمية ومعلومات التكنولوجيا: دورة جديدة للدخول* (A New Spin on Access). تقرير الدراسة – 1079 – (OSTP) (سانتا مونيكا، ولاية كاليفورنيا: مؤسسة راند، 1999). انظر الرابط: (rand.org/publications/MR/MR1079/).

28 يمكن الاطلاع على التفاصيل في د. نيلكن، *العلوم كملكية فكرية: من الذي يسيطر على الأبحاث؟* (نيويورك: مطبعة ماكميلان، 1984).

29 آرون س. كسيلهايم وجيري آفرون، "العلوم القائمة على الجامعات ومنتجات التكنولوجيا الحيوية، تحديد حدود الملكية الفكرية"، *جاما 293* (2005)، الصفحات 850-54.

30 ديفيد سي ماوري وآخرون، "نمو تسجيل براءات الاختراع وترخيصها لدى الجامعات الأمريكية: تقييم لآثار قانون بايه – دول لعام 1980"، *سياسات الأبحاث* 30، رقم 1 (كانون الثاني/يناير 2001)، الصفحات 99-119. ويرى محللون آخرون أن التغييرات في نظام حقوق الملكية الفكرية لم تغير بشكل كبير المعايير الموجهة للأبحاث العلمية. انظر فيونا موراي وسكوت ستيرن، "هل تؤدي حقوق الملكية الفكرية إلى إعاقة التدفق الحر للمعرفة العلمية؟ اختبار تجريبي لفرضيات تناقض المألوف"، المكتب الوطني للأبحاث الاقتصادية (NBER)، ورقة العمل رقم 11465 (تموز/يوليو 2005). انظر الرابط: (nber.org/papers/w11465).

الفصل السابع

1 من الممكن أن نرى نظاماً عالمياً واحداً للعلوم بإضافة علماء أوروبا الشرقية، كما يصف الفصل الرابع.

2 مقابلة هاتفية مع المؤلفة، 3 نيسان/أبريل 2003.

3 ثمة مجموعة مهمة من المؤلفات حول موضوع نظم الإبداع الوطني. انظر ب. أ. لندفول، *نظم الإبداع الوطني: نحو نظرية الإبداع والتعلم التفاعلي* (لندن: برينتر، 1992).

4 ر. ر. نيلسون وهـ. باك، *المعجزة الآسيوية ونظرية النمو الحديث* (العاصمة واشنطن: البنك الدولي، 1997).

5 ف. زيـنغ وجي. ماوتون. *نظم الإبداع ضمن سياق التنمية الاقتصادية - الاجتماعية والتحول في أفـريقيا* (سـتيلينبوش، جـنوب أفـريقيا: مركـز جامعة ستيلينبوش للأبحاث في العلوم والتكنولوجيا، كانون الثاني/يناير 2006).

6 تمـول شركات القطاع الخاص بعض الأبحاث الأساسية. ولطالما كانت الجامعات والكليات عبر الـتاريخ، وفقاً لمجلس العلوم الوطني، هي صاحبة أفضل أداء في الأبحاث الأساسية في الولايات المـتحدة، حـيث بلغ حجم إنجازها في السنوات الأخيرة أكثر من نصف الأبحاث الأساسية في البلاد (55 بالمئة عام 2004). ويتم تمويل معظم الأبحاث الأساسية على المستوى الفدرالي. لكن الاتجـاه على المدى البعيد في الولايات المتحدة كان لفترة طويلة هو تخفيض النسبة المئوية لحصة الإنفاق الحكومي على الأبحاث والتطوير وزيادة النسبة المئوية لحصة الإنفاق من القطاع الخاص، بيـنما زاد الطرفان من حجم الإنفاق الإجمالي (مجلس العلوم الوطني، *مؤشرات العلوم والهندسة 2004* [آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2004]).

7 بـول أ. ديفـيد وديفـيد ماوري ودبليو. إدوارد شاينمويلر، "تحليل المكاسب الاقتصادية من الأبحـاث الأساسية" *اقتصاديات الإبداع والتكنولوجيا الجديدة* 2، رقم 1 (1992)، الصفحات 73-90.

8 كما تشير هذه الأمثلة، فإن تحديد السلعة العامة الصافية قد يكون أمراً صعباً. إذ إن معظم السلع العامة تبدي عملياً درجة من التنافس أو الإقصاء.

9 آي. كـول وآي. غرونبيرغ وم. سترن، *السلع العامة العالمية: التعاون الدولي في القرن الحادي والعشرين* (مطبعة جامعة أوكسفورد، 1999).

10 مـن الصعب قياس المعدلات الاجتماعية للعائد. لكن يمكن العودة إلى إ. مانسفيلد، "المعدلات الاجتماعـية والخاصـة للعائد من الإبداع الصناعي"، *مجلة الاقتصاديات الفصلية* 91 (1977)، الـصفحات 221-40 وس. دبلـيو. بوبر، *الأساليب الاقتصادية في قياس الأداء ومنافع العلوم الأساسية* (سانتا مونيكا: ولاية كاليفورنيا: مؤسسة راند، 1995).

11 جـودي واكونغو، "المشاركة العامة في صنع القرارات المتعلقة بالعلوم والتكنولوجيا: تجارب من أفريقيا"، 2004 (practicalaction.org/?id=publicgood_wakhungu).

12 للحـصول علـى لائحـة كاملـة بالأهـداف ولمعـرفة المزيد عن المشروع، انظر الرابط: (un.org/millennium goals/) والتقريـر المرافق الذي وضعته مجموعة العمل حول العلوم والتكنولوجيا والإبداع ضمن برنامج التنمية الألفية التابع للأمم المتحدة والذي يمكن الحصول عليه من الرابط: (www.unmillenniumproject.org/documents/tf10apr18.pdf).

13 انظر الموقع الإلكتروني: (arxiv.org/).

14 كارولين س. فاغنر وآخرون، *التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بناء القدرات في البلدان النامية؟* (MR-1357.0-WB). (سانتا مونيكا، كاليفورنيا: شركة RAND، 2001).

الملحق أ

1 بـي. أ. ديفيد ود. فوراي، "مقدمة إلى اقتصاد مجتمع المعرفة"، *مجلة العلوم الاجتماعية الدولية* 171 (آذار/مارس 2002). انظر أيضاً الفصول التي تتحدث عن القاعدة المعرفية بقلم د. فوراي

وب. أ لـــندفول وم. أبراموفيتـــز وبـــي. أ. ديفيد في *التوظيف والنمو في الاقتصاد القائم على المعرفة* (باريس: منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية [OECD]، 1996). تعالج مجموعة كبيرة من المـــؤلفات مـــسألة إســـهام العلوم والتكنولوجيا في النمو الاقتصادي وإيجاد المعرفة. ومن بينها غيبونـــــز وآخرون، *الإنتاج الجديد للمعرفة: ديناميات العلوم والأبحاث في المجتمعات المعاصرة* (لـــندن: ســـيج للنشر، 1994) وريتشارد ر. نيلسون، *مصادر النمو الاقتصادي* (مطبعة جامعة هارفارد، 2000).

2 يقدم هذا العمل تحديثاً لمؤشر مؤسسة "راند" لقدرات العلوم والتكنولوجيا 2000 معززاً ببيانات أحـــدث ويضم عدداً أكبر من البلدان التي توافرت عنها تغطية بيانات كاملة من 66 إلى 76.1. للحصول على المؤشر 2000، انظر سي. اس. فاغنر وآخرون، *التعاون في العلوم والتكنولوجيا: بـــناء القـــدرات في الـــبلدان النامية*، الدراسة 1357- WB (سانتا مونيكا، ولاية كاليفورنيا: مؤسسة راند، 2001).

3 بـــرنامج الأمـــم المتحدة الإنمائي (UNDP)، *تقرير التنمية البشرية 2001: جعل التكنولوجيات ملائمـــة للتنمية البشرية* (مطبعة جامعة أوكسفورد، 2001) ود. أرشيبوغي وأ. كوكو، "مؤشر جديـــد للقدرات التكنولوجية في البلدان المتقدمة والنامية (ArCo)"، *التنمية العالمية* 32، رقم 4 (نيسان/أبريل 2004)، الصفحات 629-54.

4 ل. ليدسدورف، "الاقتصاد القائم على المعرفة ونموذج الحلزون الثلاثي"، الفصل الثاني في *قراءة ديناميـــيات اقتصاد المعرفة*، تحرير ويلفريد دولفسما ولوك سويت (تشلتينهام:إدوارد إلغار، 2006)، الصفحات 42-76.

5 طبعات براسزيك، هـــ. و-جي. بـــي. وم. هايندينريخ، *نظم الإبداع الإقليمية* (لندن: مطبعة كلية الجامعة، 1998).

6 ســـي. اس. فاغنـــر ول. ليدســـدورف، "رسم خرائط العلوم العالمية: مقارنة بين عامي 1990 و2000"، *المجلة الدولية للتكنولوجيا والعولمة* 1، رقم 2 (2005)، الصفحات 185-208.

7 بـــرنامج الأمـــم المتحدة الإنمائي، *تقرير التنمية البشرية 2002، تعميق الديمقراطية في عالم مجزأ* (نـــيويورك: مطبعة جامعة أوكسفورد، 2002)، و(*CIA World Factbook 2001*) (العاصمة واشنطن: وكالة الاستخبارات المركزية، 2001).

8 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، *تقرير التنمية البشرية 2002*.

9 المرجع السابق.

10 البنك الدولي، *مؤشرات التنمية العالمية 2002* (واشنطن: البنك الدولي).

11 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، *تقرير التنمية البشرية 2002*.

12 انظر الموقع الإلكتروني (www.uspto.gov).

13 مجلـــس العلـــوم الوطني، *مؤشرات العلوم والهندسة 2000* (آرلينغتون، ولاية فيرجينيا: المؤسسة الوطنية للعلوم، 2004).

14 وضـــع هذا القياس لنسب التعاون الدولي خصيصاً لهذا العمل باستخدام بيانات من مؤشر الاستشهاد العلمـــي في معهد المعلومات العلمية (CD-ROM 2000)، ويتم تحويله إلى قيمة طبيعية بأخذ حجم سكان البلاد. وهو يقيس مدى عمل الباحثين الوطنيين على المستوى العالمي في العلوم والتكنولوجيا.

15 لا يمكن (بالضرورة) إلقاء اللوم على المعاهد الإحصائية الوطنية بسبب حجم هذه الإحصائيات وموثوقيتها. فمن الخصائص المتأصلة في طبيعة الدول النامية أن كثيراً من النشاطات الاقتصادية يحدث خارج نطاق الإحصائيات (مثل المدفوعات العينية والإنتاج للاستهلاك الشخصي أو المحلي أو الإقليمي).

16 للحصول على مذكرة فنية عن الكيفية المتبعة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لحساب مؤشر التنمية البشرية، انظر الرابط: (http://hdr.undp.org/en/media/hdr_20072008_tech_note_1.pdf).

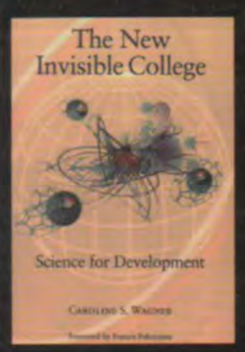
17 استخدمت الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) من أجل إجراء هذا التحليل (SPSS Inc.، شيكاغو، إيلينوي).

18 اتصل بالمؤلفة للحصول على مزيد من المعلومات.

17 استخدمت الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) من أجل إجراء هذا التحليل (SPSS Inc.، شيكاغو، إيلينوي).

18 اتصل بالمؤلفة للحصول على مزيد من المعلومات.

يخضع تنظيم العلوم اليوم إلى عملية تحوّل جذري. وفي هذا الكتاب، «نشوء الأكاديمية العالمية الخفية»، تجمع كارولين فاغنر بين البيانات الكمية والمقابلات الموسعة لكي ترسم خريطة للشبكات العلمية العالمية وتتتبع الديناميات التي توجه نموها. وهي تناقش فكرة الانتقال من العلم الكبير إلى الشبكات العالمية وما تخلقه من فرص لم يسبق أن أتيحت أمام البلدان النامية، والتي تسمح لها بالانضمام إلى ركب العلم بكل ما يتيحه من إمكانيات. فبدلاً من تشتيت الموارد على محاولات لا جدوى منها لتقليد مؤسسات القرن العشرين العلمية، بإمكان حكومات البلدان النامية تفعيل هذه الشبكات، عبر خلق الحوافز التي تستحث كبار العلماء على التركيز على البحوث التي تعالج هموم هذه البلدان وعلى إيجاد الطرق التي تربط بين المعارف وحلول المشكلات المحلية. إن كتاب «نشوء الأكاديمية العالمية الخفية»، يقدم في آن معاً مرشداً ودليل استخدام لصانعي السياسات الذين يتولون هذه المهام.



كارولين س. فاغنر عالمة بارزة في مركز العلم الدولي وسياسات التقانة في جامعة جورج واشنطن، ومحللة سياسات رئيسة في معهد ستانفورد الدولي للأبحاث. وقد سبق لها أن عملت في منظمة «راند»، وكعضو في لجنة الكونغرس الأمريكي للعلوم والفضاء والتقانة. وهي زميل في الرابطة الأمريكية للتقدم العلمي، ونشطت أيضاً كعضو في لجنة الألفية للعلوم والتقانة والابتكار في الأمم المتحدة، وفي الهيئة الاستشارية في إطار برنامج أبحاث نظم المعرفة في كندا.

Cover illustration: © Neliana Kostadinova - Fotolia.com

تصميم الغلاف: سامح خلف


ISBN 978-9953-87-932-1



